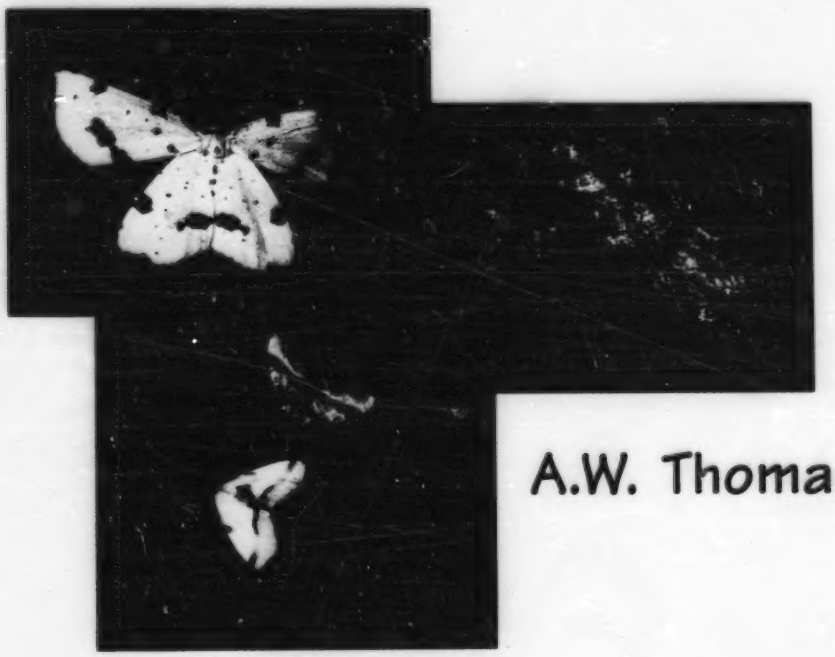
Moth Diversity in a Northeastern North American, Red Spruce Forest

II. The Effect of Silvicultural Practices on Geometrid Diversity (Lepidoptera: Geometridae)



A.W. Thomas

Information Report M-X-213E

Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre

Natural Resources Canada | Ressources naturelles Canada

Canada

102-06712/

Moth Diversity in a Northeastern North American, Red Spruce Forest

II. The Effect of Silvicultural Practices on Geometrid Diversity (Lepidoptera: Geometridae)

A.W. Thomas

Information Report M-X-213E

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, New Brunswick
E3B 5P7 CANADA

2002

© Her Majesty the Queen in right of Canada 2002

ISSN: 1195-3799
ISBN: 0-662-32507-9
Cat. No: Fo46-19/213E

Additional copies of this publication are available in limited quantities at no charge from:

Natural Resources Canada,
Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, N.B. E3B 5P7
CANADA
Fax: (506) 452-3525

Photocopies or microfiches of this publication may also be purchased from:

Micromedia Ltd.
240 Catherine Street, Suite 305
Ottawa, ON K2P 2G8
Tel: (613) 237-4250
Toll Free: 1-800-567-1914
Fax: (613) 237-4251

Une copie française de ce rapport est disponible sur demande.

National Library of Canada
Cataloguing in Publication Data

Thomas, A. W.

Moth diversity in a northeastern, North American, red spruce forest. II. The effect of silvicultural practices on geometrid diversity (Lepidoptera: Geometridae)

(Information report, ISSN 1195-3799 ; M-X-213E)
Issued also in French under title: Diversité des papillons nocturnes dans une forêt d'épinettes rouges du nord-est de l'Amérique du Nord. II. Effet des pratiques sylvicoles sur la diversité des géométridés (Lepidoptera: Geometridae)
Includes bibliographical references.
ISBN 0-662-32507-9
Cat. no. Fo46-19/213E

1. Moths — New Brunswick — Sunbury (County)
2. Moths — New Brunswick — Sunbury (County) — Statistics.
I. Atlantic Forestry Centre.
II. Title.
III. Series: Information report (Atlantic Forestry Centre) ; M-X-213E.

QL548.T46 2002 595.78'09715'43 C2002-980172-9

Summary

- There was a negative correlation between the amount of timber removed and the total number of individuals trapped in a plot.
- There was a negative correlation between the mean daily catch of individuals and the amount of timber removed.
- Species richness was greatest in the plot with 30% timber removed, followed by the uncut plot, then the strip cut, and least in the plot with 100% timber removed.
- There was a negative correlation between the mean daily catch of species and the amount of timber removed.
- Seasonal species accumulation curves showed the clearcut had a 5-day lag compared with the other plots.
- The number of species shared between the uncut plot and a prescription was negatively correlated with the amount of timber removed.
- Quantitative similarity indices ranked the plots in accordance with the amount of timber removed, *i.e.*, the more timber removed, the lower the similarity coefficient when compared with the uncut plot.
- Rank abundance plots were good fits to theoretical log series curves for all prescriptions, including the uncut plot.
- Species abundance plots took the form of truncated log normal distributions for the uncut, selection-cut, and strip-cut plots.
- Species abundance plots for the clearcut were typical of those of an impoverished site.
- McIntosh's diversity index, *U*, was the only diversity statistic that ranked the four plots in accordance with the severity of the prescription.

Résumé

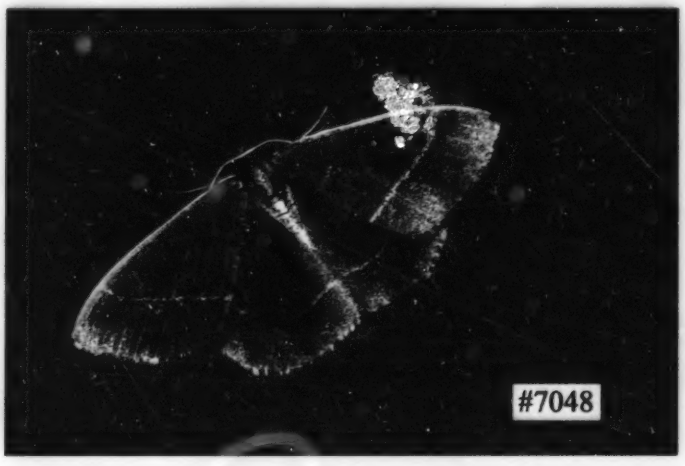
- Entre le taux de bois prélevé et le nombre total d'individus capturés dans les pièges de la parcelle, la corrélation était négative.
- Entre le nombre journalier moyen d'individus capturés et le taux de bois prélevé, la corrélation était négative.
- La richesse spécifique était maximale dans la parcelle où 30 % du bois avait été prélevé, puis diminuait progressivement, de la parcelle non soumise à la coupe (parcelle témoin) à la parcelle coupée par bandes, puis à la parcelle soumise à la coupe à blanc.
- Entre le nombre journalier moyen d'espèces capturées et le taux de bois prélevé, la corrélation était négative.
- La comparaison des courbes de l'accumulation saisonnière des espèces a révélé un retard de cinq jours dans la parcelle soumise à la coupe à blanc par rapport aux autres parcelles.
- Entre le nombre d'espèces communes à la parcelle témoin et à une parcelle soumise à un traitement particulier (taux de bois prélevé), la corrélation était négative.
- Des indices de similitude quantitative ont permis de classer les parcelles selon le taux de bois prélevé, c'est-à-dire que plus ce taux était élevé, moins le coefficient de similitude était élevé par rapport à la parcelle témoin.
- Pour tous les traitements, y compris la parcelle témoin, les diagrammes rang-fréquence (DRF) correspondaient bien aux courbes des séries logarithmiques théoriques.
- Les diagrammes de l'abondance spécifique dans la parcelle témoin, la parcelle à coupe sélective et la parcelle coupée par bandes obéissaient à une distribution log normale tronquée.
- Les diagrammes de l'abondance spécifique dans la parcelle coupée à blanc étaient typiques d'une station appauvrie.
- L'indice de diversité de McIntosh (*U*) était la seule statistique de la diversité à avoir permis le classement en rang des quatre parcelles conformément à l'intensité du traitement.

Table of Contents

Summary 3
Preamble 6
Introduction 7
Materials and Methods 7
Study Site and Collection 7
Statistical Analyses 7
Results 9
Numbers of Individuals 9
Numbers of Species 9
Seasonal Species Accumulation Curves 11
Differentiation Diversity 11
Qualitative Measures 11
Quantitative Measures 12
Rank Abundance 14
Species Abundance 14
Diversity Statistics 15
Discussion 16
References 20
Appendix 21

Preamble

This is the second report based on moth diversity in a red spruce forest that had undergone three silvicultural prescriptions immediately before sampling. The site contained undisturbed forest, selection-cut plots, strip-cut plots, and clearcut plots. The first report, a baseline study, contained an introduction to the project; detailed the sampling methodology; presented seasonal species accumulation curves, randomized species accumulation curves and richness estimates, rank abundance plots, diversity statistics, species abundance plots, and seasonal changes in diversity; and gave a list of species collected and their abundances (Thomas 2001). The data were summed across all plots and analyzed in three groupings: all species in 14 families of macromoths, geometrids, and noctuids.



Introduction

The geometrid community was chosen for an in-depth analysis because earlier studies reported geometrids as good candidates to determine the effect of forestry practices on moth diversity because of their weak flight ability and high habitat fidelity (Holloway 1985, Usher and Keiller 1998, Intachat and Holloway 2000). Also, the baseline study (Thomas 2001) indicated that few geometrid species had been "missed' during the sampling period. This report examines the site on a plot-by-plot basis to determine the effect of the silvicultural prescriptions on insect diversity as exemplified by the community of the moth family *Geometridae*. The objective was to compare richness, abundances, diversity statistics, and complementarity of the geometrid fauna of the uncut plot with similar data from plots that had undergone the silvicultural prescriptions in order to determine the effect of such prescriptions on geometrid diversity.

Materials and Methods

Study Site and Collection

The study was conducted in a red spruce forest at the Acadia Research Forest, Sunbury County, New Brunswick (46.02 N 66.38 W), that contained plots of approximately 3 ha ranging from mature, undisturbed forest (no timber removed), through selection cut (30% timber removed), and strip cut (50% timber removed), to clearcut (100% timber removed)—see aerial photograph, p. 6 (Thomas 2001). The silvicultural prescriptions had occurred during the winter of 1998/1999, immediately preceding the sampling period.

Eight light traps were operated from dusk to dawn, reasonably evenly spread over a period of 122 days beginning on 1/2 May and ending on 31 August/1 September, 1999. Each trap used a single 22-watt, black-light lamp as an attractant. Traps were run from a single gasoline generator. The traps were operated in pairs in four plots: *i.e.*, two traps in each of an uncut, a selection-cut, a strip-cut, and a clearcut plot. Individual traps in each plot were separated by distances ranging from 42–100 m.

Statistical Analyses

In the baseline study, analyses were based on 11,815 geometrids from a total catch of 31,634 macros obtained from 54 nights, including an incomplete collection from the night of days 196/197 when only seven of the eight traps operated (Thomas 2001). As this current report compares catches between plots, all data from the night of 196/197 were discarded and the analyses were based on the 11,445 individual geometrids that were collected on the remaining 53 nights. Where practical, the data were analyzed on a per-trap basis as replicates give more credibility to any effect correlated with the silvicultural prescription. Some analyses were also performed on a plot basis, *i.e.*, data from the two traps in each of the four plots were summed before analysis.

Simple ways to detect an effect on a moth community are to determine whether there are differences in the numbers of individuals and species, and whether the seasonal species accumulation curves in the plots that underwent silvicultural prescriptions differed from those in the uncut plot. More complex ways to detect an effect involve measuring coefficients of similarities, plotting rank abundances and species abundances, and comparing these with ecological diversity models, and determining diversity statistics. The coefficient of similarity is an index of the extent to which two samples have either: i) species composition in common (qualitative measures) or ii) species and their abundances in common (quantitative measures). Values can range from 0, no similarity, to 1, complete similarity.

Four coefficients of similarity, Jaccard's qualitative, Sorensen's qualitative, Sorensen's quantitative, and Morisita-Horn's quantitative, were obtained from EstimateS v6.0b program (Colwell 2000). Jaccard's qualitative similarity index is an incidence-based index of the ratio of the number of species shared between two samples divided by the total number of species in the two traps. Sorensen's qualitative similarity index uses identical variables to Jaccard's index but a different calculation. Because species diversity is usually considered to consist of two components, species richness (or the number of species) and evenness (or equitability) of species abundances, quantitative coefficients of similarity, *i.e.*, those that take into account the abundances of species, are regarded as being more meaningful than qualitative indices (Southwood 1978, Magurran 1988). Both the Sorensen abundance-based index and the Morisita-Horn index are quantitative indices and were used to compare the degree of similarity between samples, both within and between plots.

Estimates of true species richness were obtained from the log normal parametric model of relative abundance using the program LOGNORM (Krebs 1989, 1995). The accuracy of the estimates depended upon how well the sample data fit the model (Taylor 1978, Magurran 1988). The estimates were then used to determine the log normal diversity statistic, λ (Taylor 1978). Other diversity statistics were calculated using BIODAP (Thomas 2000), a software package based on the worked examples in Magurran (1988), and the programs DIVERS, LOGSERIE, and LOGNORM (Krebs 1989, 1995).

The ultimate goal of this study is to rank forestry practices according to their effect on diversity. This is a preliminary study and, in order to select statistics that can be used to evaluate the effects of forestry practices on local diversity, as many statistics as possible were calculated.

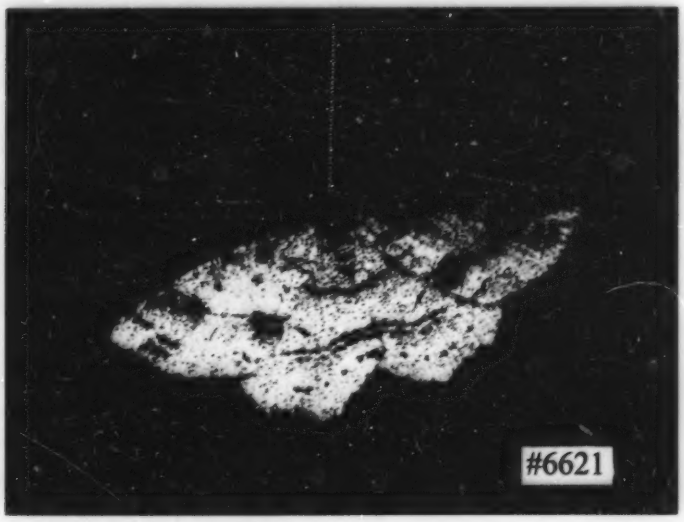


Table 1. Numbers of individuals and species of Geometridae per trap grouped by silvicultural prescription

Prescription (plot)	Trap*	Individuals	Species/ trap	Total species
Uncut (control)	UC-1	2198	118	142
	UC-2	2558	124	
Selection cut	SC-1	1497	126	147
	SC-2	2099	128	
Strip cut - residual	SCR-1	1254	99	128
- clear	SCC-1	1056	109	
Clearcut	CC-1	400	86	109
	CC-2	383	82	
Pooled data		11,445		169

* UC-1, UC-2, traps in Uncut plot (100% timber retention, plot undisturbed).
SC-1, SC-2, traps in Selection-cut plot (30% timber removed).
SCR-1, SCC-1, traps in Strip-cut plot (50% timber removed in alternate 14-m stripe).
SCR-1-residual strip (no timber removed).
SCC-1-clearcut (100% timber removed).
CC-1, CC-2, traps in Clearcut plot (100% timber removed).

Results

Numbers of Individuals

Over the duration of the 53 sample nights, 11,445 individuals were collected in eight traps, of which 41.6% were trapped in the uncut plot, 31.4% in the selection cut, 19.2% in the strip cut, and only 6.8% in the clearcut (Table 1). The mean daily abundances of individuals were negatively correlated with the amount of timber removed. Thus, on average, 46.0% of the individuals trapped each day were in the uncut plot, 28.8% in the selection cut, 19.7% in the strip cut, and only 5.5% in the clearcut (Table 2). The proportional catch/trap on a daily basis for the traps in the prescription plots are compared with the traps in the uncut plot in Figure 1. On most days, the proportional catches of individuals in the prescription plots were lower than the catches in the uncut plot. Thus, the lower abundances in the prescription plots compared with the uncut plot were not time-restricted phenomena but were consistent throughout the sampling period.

Numbers of Species

Over the duration of the 53 sample nights, 169 species were collected with 84% of the species in the uncut plot, 87% in the selection cut, 75.7% in the strip cut and 65.5% in the clearcut (Table 1). On a daily basis, the mean proportional catches of species were negatively correlated with the amount of timber removed (Table 3). On average, the traps in the uncut plot contained 50% of the species captured/day, the selection cut 40%, the strip cut 32%, and the clearcut only 13%. The proportional catch/trap on a daily basis for the traps in the prescription plots are compared with the traps in the uncut plot in Figure 2. As with the

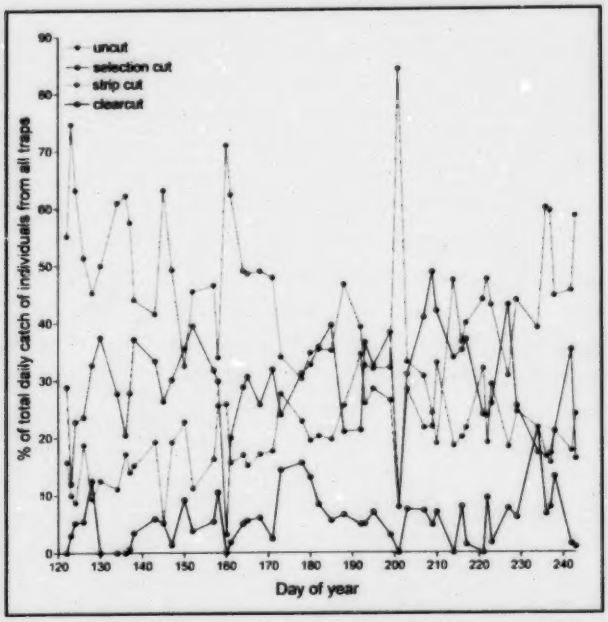


Figure 1. Daily proportional abundances of individual geometrids in the plots.

Table 2. Mean daily abundances of individuals of geometrids by trap as percentages of the summed daily abundances from all eight traps

Plot	Uncut		Selection cut		Strip cut		Clearcut	
Trap*	UC-1	UC-2	SC-1	SC-2	SCR-1	SCC-1	CC-1	CC-2
mean	21.4	24.6	12.4	16.4	12.0	7.73	3.0	2.51
SE mean	1.14	1.19	0.72	0.85	0.70	0.61	0.36	0.38

* see Table 1 for trap coding

Table 3. Mean daily catches of geometrid species by trap as percentages of the total daily catches of species from all eight traps

Plot	Uncut		Selection cut		Strip cut		Clearcut	
Trap*	UC-1	UC-2	SC-1	SC-2	SCR-1	SCC-1	CC-1	CC-2
mean	47.1	54.0	36.9	42.0	35.9	28.6	14.0	11.7
SE mean	2.17	1.90	1.85	2.25	1.95	2.0	1.64	1.48

* see Table 1 for trap coding

numbers of individuals, on a daily basis fewer species were found in the prescription plots than in the uncut plot.

Seasonal Species Accumulation Curves

The seasonal species accumulation curves for the plots were identical at the beginning and end of the season. However, for the period when species accumulation was increasing most rapidly, day 138–180 (18 May–29 June), the clearcut showed about a 5-day lag behind that of the other plots (Fig. 3).

Differentiation Diversity

As the species richness in any single plot ranged between 64.5–87% of the total geometrid species recorded from the site (S = 169, Table 1), there were between-plot variations in species compositions. There were also variations in species compositions between traps within plots (Tables 1 and 4). This intra-plot variability was greatest in the clearcut, with just 54% of the species common to both traps, *i.e.*, 59 common species out of a total 109 species (last cell, Table 4), and least in the selection cut (SC-1 vs. SC-2) and uncut (UC-1 vs. UC-2) with 73% and 70% of species in common, respectively. The two traps in the strip cut (SCR-1 vs. SCC-1) shared 63% of the 128 species captured in that plot (Table 4).

Qualitative Measures

Jaccard's qualitative similarity index separated the trap catches into three groupings. One group involved the six comparisons between the four traps in the uncut and selection cut, and gave indices ranging between 0.70 and 0.74 (first three columns, Table 5). A second grouping comprised the two traps in the clearcut. These traps shared the fewest species with each other, and with traps in the other plots, and had the lowest similarity indices when paired with other traps, 0.49–0.59 (last two columns, Table 5). The strip-cut traps formed a third grouping that shared more species with the traps in the uncut and selection

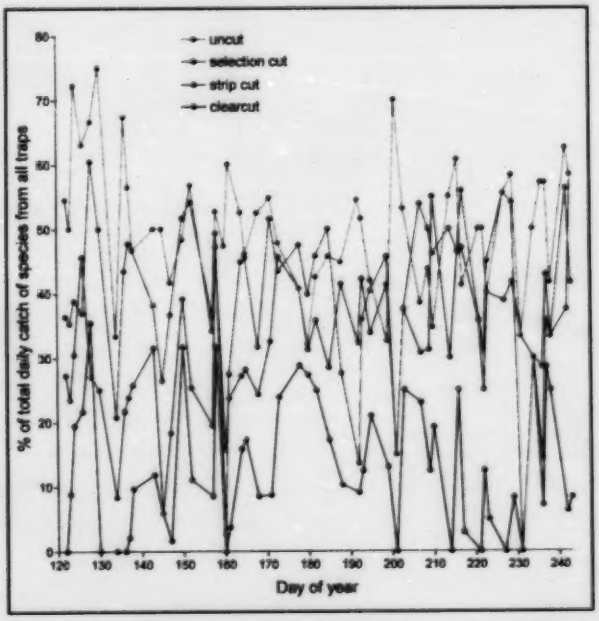


Figure 2. Daily proportional catches of geometrid species in the plots.

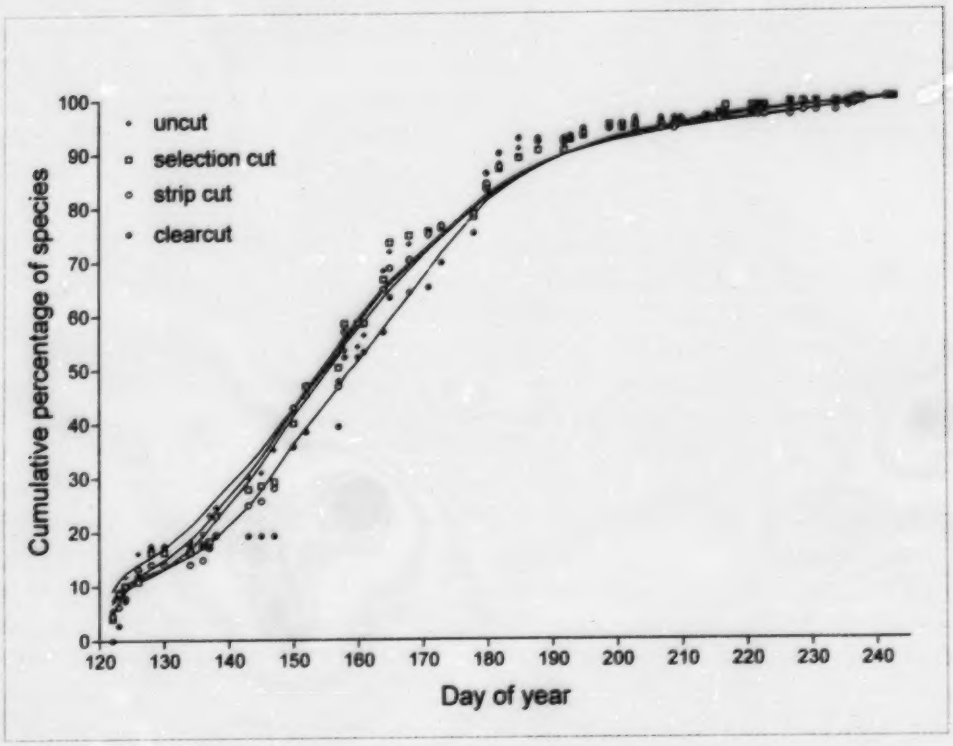


Figure 3. Seasonal species accumulation curves for geometrids from the four plots. Lines are coarsely fitted Lowess curves to show trends in the data. Note that the trends for the uncut, selection-cut, and strip-cut plots are almost identical but that the trend for the clearcut lags behind by about 5 days during the period of rapid increase in species appearance.

cut, 83–96 species (Table 4), than with those in the clearcut, 65–67 species (Table 4). The similarity indices reflected this sharing, 0.62–0.68 with the uncut and selection cut (columns four and five, Table 5), and 0.50–0.59 with the clearcut (Table 5).

Sorensen's qualitative similarity values are higher than those produced by Jaccard's index but the grouping for traps is identical (Table 6).

Quantitative measures

The Morisita-Horn index ranked the catches in trap UC-2 as being less similar to its companion trap, UC-1, in the uncut plot than to the catches in the traps in the selective cut (Table 7). Otherwise, the rankings between this index and Sorensen's quantitative index (Table 8) were similar, except that the Morisita-Horn measure gave consistently higher coefficients than did the Sorensen index.

Table 4. Number of geometrid species per trap, and shared species/total species for between-trap comparisons

	Shared species/total species for between-trap comparisons						
Trap*/species	UC-2	SC-1	SC-2	SCR-1	SCC-1	CC-1	CC-2/82
UC-1/118	100/142	102/142	105/141	83/134	88/139	70/134	69/131
UC-2/124		104/146	106/146	88/135	94/139	72/138	68/138
SC-1/126			107/147	89/136	93/142	74/138	70/138
SC-2/128				92/135	96/141	72/142	70/140
SCR-1/99					80/128	67/118	67/114
SCC-1/109						65/130	67/124
CC-1/86							59/109

*see Table 1 for trap coding

Table 5. Jaccard's incidence-based similarity indices for between-trap comparisons of geometrid species

Trap*	UC-2	SC-1	SC-2	SCR-1	SCC-1	CC-1	CC-2
UC-1	.70	.72	.74	.62	.63	.52	.53
UC-2		.71	.73	.65	.68	.52	.49
SC-1			.73	.65	.65	.54	.51
SC-2				.68	.68	.51	.50
SCR-1					.63	.57	.59
SCC-1						.50	.54
CC-1							.54

* see Table 1 for trap coding

Table 6. Sorensen's incidence-based similarity indices for between-trap comparisons of geometrid species

Trap*	UC-2	SC-1	SC-2	SCR-1	SCC-1	CC-1	CC-2
UC-1	.83	.84	.85	.76	.78	.69	.69
UC-2		.83	.84	.79	.81	.69	.66
SC-1			.84	.79	.79	.70	.67
SC-2				.81	.81	.67	.67
SCR-1					.77	.72	.74
SCC-1						.67	.70
CC-1							.70

* see Table 1 for trap coding

Table 7. Morisita-Horn abundance-based similarity indices for between-trap comparisons of geometrid species

Trap*	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
UC-1	.90	.83	.90	.76	.74	.72	.71
UC-2		.96	.96	.91	.91	.76	.73
SC-1			.96	.95	.96	.76	.73
SC-2				.90	.91	.76	.73
ST-R					.97	.69	.65
ST-C						.74	.72
CC-1							.90

* see Table 1 for trap coding

In a plot-by-plot comparison, both quantitative indices ranked similarity in accordance with amount of timber remaining (Table 9). The selection cut (70% timber remaining) was most similar to the uncut plot, and the clearcut the least similar. The strip cut (50% timber remaining) was most similar to the selection cut and least similar to the clearcut. The clearcut was most similar to the strip cut.

Rank Abundance

When the relative abundance of each species from the uncut plot was plotted over its sequence in a ranking of abundances, the resulting shallow curve was characteristic of a log series species abundance model and was a close fit to the theoretical log series curve for a community with identical richness (S = 142) and abundance (N = 4,756)(Fig. 4*a*). Similar curves and goodness-of-fit to the theoretical curves were obtained from the data from the three prescription plots (Fig. 4*b, c, d*)

Species Abundance

Several patterns of frequencies of individuals/species/trap are apparent in the data set (Appendix). In most of the *Macaria* spp. (#6273–#6351), individuals were far more abundant in the forested plots than in the clearcut. This pattern was also seen in many other species, especially those where abundances exceeded 200 individuals, *e.g., Ectropis crepuscularia* (#6597), *Hypagyrtis piniata* (#6656), *Pero morrisonaria* (6755), *Petrophora subaequaria* (#6804), and *Cyclophora pendulinaria* (#6139). In contrast, only two species showed relatively high abundances in the clearcut, *i.e., Eufidonia convergaria* (#6637) and *Biston betularia cognataria* (#6640).

When species abundances were grouped into x2 geometric scale classes and used as the x-axis of a frequency plot, the resulting graphs from the uncut, selection-cut, and strip-cut plots took the form of truncated log normal distributions (Fig. 5*a, b, c*) that are almost identical to an annual sample from a stable ecosystem in Great Britain (Taylor 1978, Fig. 1.6*b*). Such distributions fit both the log series and log normal models equally well (Taylor 1978). In the clearcut, (Fig. 5*d*) the preponderance of singletons coupled with no species beyond the 64-127 class is suggestive of an impoverished site (Taylor 1978, Fig. 1.6*c*). Such a distribution is described equally well by both log series and log normal models.

Table 8. Sorensen's abundance-based similarity indices for between-trap comparisons of geometrid species

Trap*	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
UC-1	.79	.66	.77	.61	.55	.26	.26
UC-2		.69	.80	.61	.54	.22	.22
SC-1			.77	.77	.74	.37	.36
SC-2				.67	.62	.28	.27
ST-R					.79	.39	.39
ST-C						.46	.47
CC-1							.72

* see Table 1 for trap coding

Table 9. Coefficients of similarity for between-plot catches, Sorensen's abundance-based index with Morisita-Horn index in parentheses

Plot	selection cut	strip cut	clearcut
uncut	.80 (.97)	.68 (.90)	.44 (.70)
selection cut		.76 (.93)	.53 (.74)
strip cut			.66 (.84)

Diversity Statistics

The log series statistic, α, was of similar magnitude for all plots and thus showed no discriminant power (Table 10). The log normal statistic, λ, was highest for the selection-cut plot but there was no correlation between the severity of prescription and the values of λ (Table 10). Similarly, the *Q*-statistic and Margalef index were marginally highest for the selection cut but showed no discriminant ability (Table 10). McIntosh's U proved to be have excellent discriminant abilities and ranked the prescription plots according to the degree of disturbance (Table 10). The three indices regarded by Magurran (1988) as having moderate discriminant abilities (Brillouin, Shannon, reciprocal of Simpson,) ranked the uncut, selection-cut, and strip-cut plots in the order of the amount of disturbance but failed to rank the clearcut correctly (Table 10). All of the above indices, except Simpson's, are strongly influenced by species richness (Magurran 1988). The uncut and selection-cut plots were the most similar with regard to species richness and number of individuals and the eight indices biased towards proportional abundances (Shannon, reciprocal of Simpson, reciprocal of Berger-Parker, McIntosh dominance, Brillouin evenness, McIntosh evenness, Shannon evenness, Simpson evenness) ranked the uncut plot as more diverse than the selection cut (Table 10). In contrast, the measures biased towards richness, α, λ, *Q*, Margalef, ranked the selection-cut plot as more diverse.

Table 10. Diversity statistics for geometrids, tabulated by plot

Plot	Uncut	Selection cut	Strip cut	Clear cut
Individuals	4756	3596	2310	783
Richness, S	142	147	128	109
Log series, α + SD	27.5 + 2.31	30.8 + 2.53	29.2 + 2.58	34.4 + 3.30
Log normal, λ	185	217	182	201
Q statistic	27.7	33.2	29.1	28.9
Margalef	16.7	17.8	16.4	16.2
McIntosh index, U	866	731	490	136
Brillouin diversity	5.53	5.44	5.30	5.42
Shannon diversity	5.61	5.55	5.44	5.72
Simpson diversity*	30.2	24.2	22.3	32.9
Berger-Parker index*	10.4	7.8	7.3	12.0
McIntosh dominance	.830	.810	.805	.856
Brillouin evenness	.785	.771	.778	.847
McIntosh evenness	.893	.868	.865	.913
Shannon evenness	.785	.771	.778	.845
Simpson evenness	.974	.965	.963	.979

* reciprocal

Discussion

As the total numbers of individuals in the plots together with the mean daily abundances per trap were negatively correlated with the severity of the prescription (Tables 1 and 2), there was a measurable effect of timber removal on the abundance aspect of diversity for the geometrids. Effects were not as consistent on species richness, the selection cut produced more species than the uncut plot but the effect of strip cutting and clearcutting was to lower richness. However, on a daily basis, the mean proportional catches of species per plot were negatively correlated with amount of timber removed (Table 3). Even though 65.5% of the species were eventually captured in the clearcut, the mean daily proportional catch of species (at 13%) indicates the ephemeral nature of their occurrences there. This, coupled with the 5-day lag in the appearances of 'new species' in the clearcut (Fig. 3) suggests that most geometrids were 'tourists' from the adjacent wooded plots. I would have expected the seasonal species accumulation curve for the clearcut to be ahead of the curves for the vegetated plots because of the warmer soil temperature in the clearcut. The low intra-plot similarity of species in the clearcut traps is further suggestive of a transient community of moths. The relative low intra-plot similarity in the strip-cut traps is likely a reflection of the contrasting habitats in which the traps were located.

A plot of species frequencies on the logged abundance classes, a species abundance plot, shows the most promise for detecting a severe deleterious impact of a forestry prescription. When the first class, one individual per species, gives the highest frequency, as in the clearcut, this indicates an impoverished site.

Landau *et al.* (1999) gave values of 65% overlap of species for a pair of traps in one forested site and 75% overlap of species for a pair of traps in a second forested site in Louisiana. In the uncut plot in the present study, the incidence-based similarity indices for the two traps were 0.70 for Jaccard's index and 0.83 for Sorensen's. The abundance-based similarity indices were 0.79 for Sorensen's index and 0.90 for Morisita-Horn's. These within-plot similarity indices are similar to the higher value given by Landau *et al.* (1999) and give baseline values for detecting effects of the prescriptions on the geometrid community. Similarity indices below these values, for between-plot trap comparisons, indicate a measurable effect of the prescription on the geometrid community.

Based on shared species, Jaccard's (Table 5) and Sorensen's (Table 6) incidence-based indices showed that 30% timber removal by a selection cut had no effect on species composition when compared with an uncut plot. However, removal of 50% timber by a strip cut or 100% removal by a clearcut lowered the indices and thus had a negative effect on species composition relative to the uncut forest.

The abundance-based similarity indices give results similar to the incidence-based indices; Sorensen's giving extremely low values for the uncut/clearcut comparisons (Table 8).

Magurran (1988) ranked diversity statistics as having good, moderate, or poor ability to detect subtle differences between sites; she emphasized that to be really useful, a diversity statistic must have a high discriminant ability. Four of the six she ranked "good" (α, λ, Q, Margalef) showed no discriminant ability. Strip cutting and clearcutting negatively affected species richness, S, (also ranked as "good") and thus S showed high discriminant ability when these two prescrip-

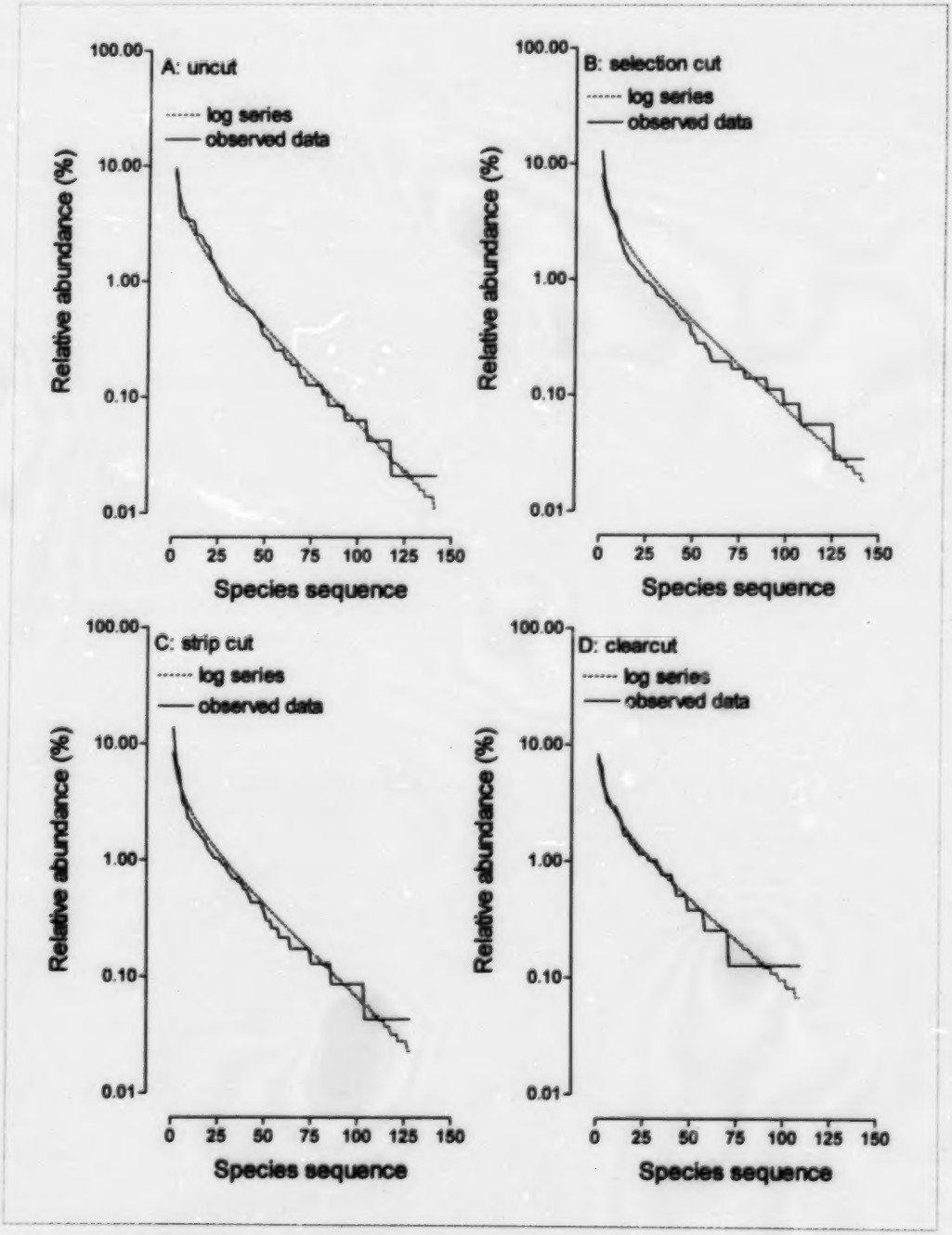


Figure 4. Rank abundance plots of geometrids in each of the four plots.

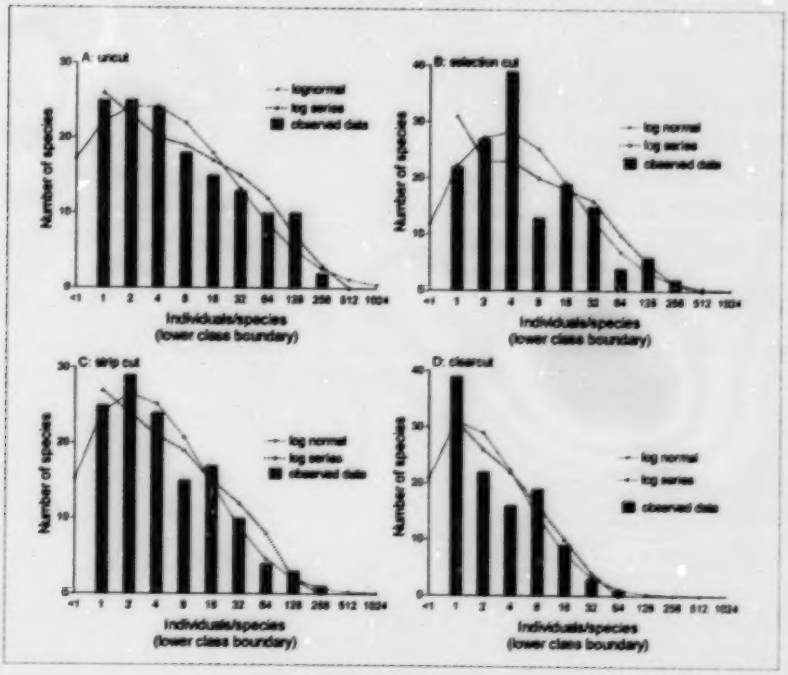


Figure 5. Frequencies of species abundance classes for geometrids in each of the four plots. Theoretical distributions from log series and log normal models compared with the observed data.

tions were compared with the uncut plot. McIntosh *U*, the sixth "good" index, showed a very high discriminant ability in that it ranked the prescriptions according to the degree of timber removal. A second set of diversity measures, biased towards the proportional abundances of species, have poor discriminant ability but are useful for comparing communities that have similar numbers of species and individuals (Magurran 1988). These include Simpson, Berger-Parker, Brillouin evenness, McIntosh evenness, McIntosh dominance, Shannon evenness, Simpson evenness. In such communities, those with a more even distribution of individuals amongst the species are regarded as more diverse. These eight indices rank the uncut plot as more diverse than the selection cut.

The relatively high values of α and λ for the clearcut mirror the high values seen in some impoverished sites in Great Britain. This phenomenon was interpreted by Taylor (1978) as occurring on impoverished sites where samples from the resident populations, at very low densities, were overweighted by single immigrant individuals (tourists) from many vagrant species bordering the impoverished sites. The resulting distribution then has a very high proportion of singletons and gives rise to unrealistic values, especially for the log normal.

References

Colwell, R.K. 2000. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 6.0b1. 24 p. User's guide and application. Available online, URL: http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates.

Handfield, L. 1999. Le guide des papillons du Québec. Version scientifique. Brouquet inc., Québec. 982 p. + 123 plates.

Hodges, R.W. (*Ed.*) 1983. Check list of the Lepidoptera of America north of Mexico. E.W. Classey Ltd., and The Wedge Entomological Research Foundation. xxiv + 284 p.

Holloway, J. D. 1985. Moths as indicator organisms for categorizing rain-forest and monitoring changes and regeneration processes. *In* A.C. Chadwick and S.L. Sutton (*Eds.*). Tropical Rain Forests. The Leeds Symposium, special publication, Leeds Philosophical and Literary Society, pp. 235-242.

Intachat, J., and J.D. Holloway. 2000. Is there stratification in diversity or preferred flight height of geometroid moths in Malaysian lowland tropical forest? Biodiversity and Conservation 9: 1417-1439.

Krebs, C.J. 1989. Ecological Methodology. HarperCollins*Publishers*, New York. 645 p.

Krebs, C.J. 1995. Fortran programs for Ecological Methodology. User's manual for Ecological Methods software, Exeter Software, New York, NY. 122 p.

Landau, D., D. Prowell, and C.E. Carlton. 1999. Intensive versus long-term sampling to assess lepidopteran diversity in a southern mixed mesophytic forest. Ann. Entomol. Soc. Amer. 92: 435-441.

Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.

Southwood, T. R. E. 1978. Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations. Chapman and Hall, London, U.K. 524 p.

Taylor, L.R. 1978. Bates, Williams, Hutchinson—A variety of diversities. *In* L.A. Mound and N. Warloff (*Eds.*). Diversity of Insect Faunas: 9th Symposium of the Royal Entomological Society. Blackwell, Oxford, U.K. pp. 1-18.

Thomas, A.W. 2001. Moth diversity in a northeastern, North American, red spruce forest. I. Baseline study. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service – Atlantic Forestry Centre, Information Report M-X-210E. Fredericton, New Brunswick. 42 p.

Thomas, G. M. 2000. BIO-DAP. A biodiversity analysis package. Available online, URL: http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/www/populations.html

Usher, M.B., and S.W.J. Keiller. 1998. The macrolepidoptera of farm woodlands: determinants of diversity and community structure. Biodiversity and Conservation 7: 725-748.

APPENDIX

Abundances of Geometrid Species in Traps

Catalogue numbers (Cat. #) and species names follow Hodges (1983), but nomenclature has been updated according to Handfield (1999).

Cat. #	Genus	Specific epithet	Subspecies	Trap							
				UC-1	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
6270	*Protitame*	*virginalis*		1	3	3	2	1	1	0	0
6273	*Macaria*	*pustularia*		148	308	205	255	172	145	32	21
6280	*Macaria*	*andersoni*		3	2	2	5	1	3	4	4
6286	*Macaria*	*brunneata*		20	23	16	17	4	6	5	2
6287	*Macaria*	*anataria*		2	1	0	5	2	2	0	0
6292	*Macaria*	*exauspicata*		0	0	1	0	0	0	0	0
6326	*Macaria*	*aemulataria*		8	22	8	16	7	4	0	0
6330	*Macaria*	*ulsterata*		8	1	1	16	3	4	1	0
6339	*Macaria*	*transitaria*		0	1	0	1	0	0	0	0
6340	*Macaria*	*minorata*		1	2	2	2	2	2	0	1
6341.1	*Macaria*	*nsp. nr. bicolorata*		0	0	1	0	0	0	0	0
6342	*Macaria*	*bisignata*		1	0	0	0	0	1	0	1
6343	*Macaria*	*semiaculata*		40	79	72	66	116	84	6	6
6344	*Macaria*	*signaria*	*dispuncta*	3	11	6	14	13	14	2	0
6347	*Macaria*	*pinistrobata*		1	2	0	0	4	0	0	1
6348	*Macaria*	*fiscinotata*		0	0	0	0	0	2	0	0
6349	*Macaria*	*bankslanae*		0	1	0	1	0	0	0	0
6350	*Macaria*	*submarmorata*		46	118	96	108	74	70	8	15
6351	*Macaria*	*oweni*		71	90	43	77	45	23	7	6
6362	*Digrammia*	*continuata*		1	0	0	2	0	0	0	0
6396	*Digrammia*	*neptaria*	*trifasciata*	0	0	2	1	1	0	0	0
6428	*Orthofidonia*	*tinctaria*		5	4	0	9	0	3	0	0
6429	*Orthofidonia*	*exornata*		10	12	2	4	2	1	0	1
6430	*Orthofidonia*	*flavivenata*		20	7	2	3	0	0	0	0
6436	*Ematurga*	*amitaria*		0	0	0	1	0	0	0	0
6449	*Glena*	*cribataria*		4	0	1	2	0	0	0	0
6450	*Glena*	*cognataria*		0	0	0	0	0	0	1	0
6570	*Aethalura*	*intertexta*		9	20	20	14	9	7	3	3
6582	*Iridopsis*	*vellivolata*		4	2	1	3	2	0	0	0
6583	*Iridopsis*	*ephyraria*		0	3	1	3	3	1	1	0
6588	*Iridopsis*	*larvaria*		5	8	2	3	2	1	0	0
6590	*Anavitrinella*	*pampinaria*		9	7	12	13	12	9	1	0
6595	*Cleora*	*projecta*		2	0	1	0	0	0	0	0
6597	*Ectropis*	*crepuscularia*		70	50	29	21	31	6	2	7
6598	*Protoboarmia*	*porcelaria*	*indicataria*	14	21	5	11	18	18	5	2
6620	*Melanolophia*	*canadaria*		4	8	1	5	4	1	0	1

Cat. #	Genus	Specific epithet	Subspecies	Trap UC-1	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
6621	Melanolophia	signataria		33	39	19	27	23	18	2	9
6637	Eufidonia	convergaria		3	1	7	4	0	4	10	3
6638	Eufidonia	notataria		2	0	0	1	4	6	0	3
6639	Eufidonia	discospilata		1	2	2	0	0	0	0	0
6640	Biston	betularia	cognataria	1	2	11	8	6	13	36	29
6651	Lycia	ursaria		5	2	3	1	2	2	1	2
6654	Hypagyrtis	unipunctata		16	17	13	15	6	3	0	0
6656	Hypagyrtis	piniata		55	62	19	29	37	16	3	1
6658	Phigalia	Titea		0	1	0	2	0	1	0	1
6667	Lomographa	vestaliata		11	12	8	8	7	3	4	6
6668	Lomographa	glomeraria		2	0	0	0	3	0	1	0
6677	Cabera	erythemaria		3	4	3	1	1	2	0	1
6678	Cabera	variolaria		2	0	1	1	0	0	0	0
6724	Euchlaena	serrata		0	0	0	0	1	0	2	1
6725	Euchlaena	muzaria		28	38	16	18	14	9	4	6
6728	Euchlaena	effecta		0	0	0	1	1	1	0	4
6729	Euchlaena	johnsonaria		2	2	8	10	8	5	2	0
6731	Euchlaena	madusaria		0	0	2	0	0	1	2	2
6734	Euchlaena	marginaria		16	16	18	26	17	9	9	6
6737	Euchlaena	tigrinaria		1	1	2	1	0	0	0	1
6739	Euchlaena	irraria		0	1	6	1	1	1	0	1
6740	Xanthotype	urticaria		0	2	3	4	2	3	2	0
6743	Xanthotype	sospeta		2	7	0	2	0	0	0	0
6755	Pero	morrisonaria		51	57	23	36	28	21	10	8
6763	Phaeoura	quernaria		1	4	0	2	0	3	2	0
6796	Campaea	perlata		48	47	14	24	7	2	0	1
6797	Ennomos	magnaria		1	0	2	3	4	8	0	0
6799	Epirranthis	subtristaria		0	0	1	1	1	0	2	1
6804	Petrophora	subaequaria		74	81	60	83	37	31	13	12
6806	Tacparia	atropunctata		1	0	1	0	0	0	0	0
6807	Tacparia	detersata		87	81	62	91	30	46	20	32
6812	Homochlodes	fritillaria		19	19	4	6	11	6	6	3
6815	Guenria	similaria		0	2	2	1	3	0	0	1
6817	Selenia	alciphearia		1	4	2	0	1	0	0	0
6818	Selenia	kentaria		0	1	1	0	0	1	0	0
6819	Metanema	inatomaria		0	8	3	4	1	4	0	0
6820	Metanema	determinata		2	2	1	1	0	2	1	0
6821	Metarranthis	warnerae		0	0	0	0	0	0	1	0
6822	Metarranthis	duaria		20	12	11	15	2	5	3	5
6825	Metarranthis	indeclinata		4	0	8	2	0	2	4	2

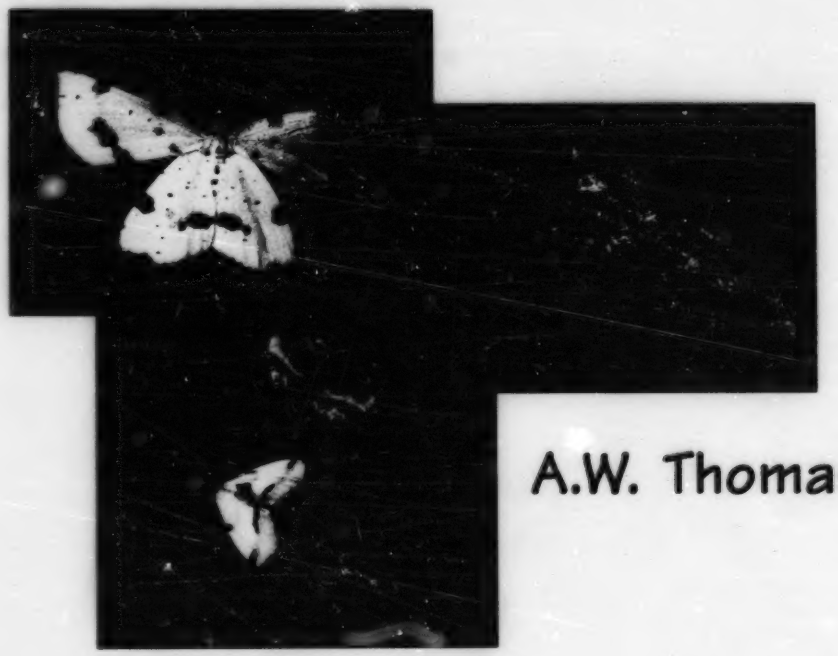
Cat. #	Genus	Specific epithet	Subspecies	Trap							
				UC-1	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
6826.1	*Metarranthis*	*mestusata*		4	8	3	2	1	0	0	1
6832	*Metarranthis*	*obfirmaria*		0	0	2	6	1	2	1	1
6834	*Cepphis*	*decoloraria*		0	1	0	0	0	0	1	0
6835	*Cepphis*	*armataria*		0	1	1	0	0	0	0	0
6836	*Plagodis*	*pulveraria*	*occiduaria*	12	3	2	5	5	1	0	0
6837	*Probole*	*alienaria*		9	18	12	19	7	11	3	2
6840	*Plagodis*	*serinaria*		28	22	14	23	7	9	4	2
6842	*Plagodis*	*phlogosaria*	*phlogosaria*	45	29	4	8	7	3	1	1
6844	*Plagodis*	*alcoolaria*		1	0	1	2	0	0	0	0
6863	*Caripeta*	*divisata*		22	25	11	15	23	16	3	6
6864	*Caripeta*	*piniata*		2	2	0	2	0	1	0	1
6867	*Caripeta*	*angustiorata*		0	1	1	0	0	1	0	1
6884	*Besma*	*endropiaria*		2	8	3	1	1	1	1	0
6888	*Lambdina*	*fiscellaria*		68	60	17	35	34	18	16	9
6906	*Nepytia*	*canosaria*		20	17	2	8	12	10	0	0
6912	*Sicya*	*macularia*		1	0	2	1	0	2	0	0
6941	*Eusarca*	*confusaria*		0	0	0	0	0	0	0	1
6963	*Tetracis*	*crocallata*	*aspilatata*	1	2	2	0	0	1	1	0
6964	*Tetracis*	*cachexiata*		27	19	12	27	10	6	5	1
6965	*Eugonobapta*	*nivosaria*		0	3	0	2	1	0	0	0
6966	*Eutrapela*	*clemataria*		5	11	1	6	2	0	1	0
6982	*Prochoerodes*	*lineola*		12	14	20	14	9	5	5	3
6987	*Antepione*	*thisoaria*		7	3	4	6	3	2	3	2
7009	*Nematocampa*	*resistaria*		3	8	3	2	3	3	0	0
7048	*Nemoria*	*mimosaria*		5	4	0	2	2	0	0	0
7058	*Synchlora*	*aerata*	*albolineata*	2	0	2	5	0	0	0	0
7071	*Chlorochlamys*	*chloroleucaria*		0	0	0	1	0	0	0	0
7084	*Hethemia*	*pistasciaria*		0	0	0	0	0	0	1	1
7125	*Idaea*	*rotundopennata*		2	4	14	8	1	0	2	0
7126	*Idaea*	*dimidiata*		5	2	2	2	0	0	3	0
7139	*Cyclophora*	*pendulinaria*		200	167	91	193	62	41	15	8
7159	*Scopula*	*limboundata*		91	73	39	93	26	18	15	14
7164	*Scopula*	*junctaria*		8	4	3	9	4	11	2	7
7165	*Scopula*	*quadrilineata*		1	0	0	0	0	0	1	0
7169	*Scopula*	*inductata*		1	1	1	0	0	0	1	1
7182	*Dysstroma*	*citrata*		3	3	3	3	4	0	1	0
7188	*Dysstroma*	*walkerata*		13	13	8	13	6	4	1	1
7201	*Eulithis*	*testata*		0	1	0	0	0	1	0	0
7206	*Eulithis*	*explanata*		87	116	77	138	83	68	17	20
7208	*Eulithis*	*serrataria*		0	2	2	3	1	1	0	0

Cat. #	Genus	Specific epithet	Subspecies	Trap							
				UC-1	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
7213	*Ecliptopera*	*silaceata*	*albolineata*	2	0	0	2	1	2	0	1
7229	*Hydriomena*	*perfracta*		0	0	0	0	0	2	0	0
7235	*Hydriomena*	*divisaria*	*Frigidata*	8	9	13	18	13	11	9	4
7263	*Hydriomena*	*renunciata*		24	33	11	12	16	8	3	1
7254	*Hydriomena*	*ruberata*		0	0	0	2	0	0	0	0
7285	*Triphosa*	*haesitata*	*affirmaria*	0	1	0	1	0	0	1	0
7291	*Rheumaptera*	*undulata*	*bluff*	0	0	0	0	0	2	0	0
7293	*Rheumaptera*	*hastata*	*gothicata*	1	5	1	8	0	0	1	0
7307	*Mesoleuca*	*ruficillata*		0	0	0	0	0	0	1	0
7312	*Spargania*	*magnoliata*		0	0	2	1	0	0	1	0
7313	*Spargania*	*luctuata*	*obductata*	0	0	1	0	0	0	0	0
7316	*Perizoma*	*basaliata*		12	12	8	7	12	16	1	2
7320	*Perizoma*	*alchemillata*		2	1	0	0	0	0	2	1
7329	*Anticlea*	*vasiliata*		17	17	10	6	6	4	4	5
7330	*Anticlea*	*multiferata*		3	3	3	7	2	1	1	0
7368	*Xanthorhoe*	*labradorensis*		0	1	1	1	0	1	0	0
7370	*Xanthorhoe*	*abrasaria*	*congregata*	24	35	6	15	7	5	5	3
7371	*Xanthorhoe*	*iduata*		1	2	2	2	0	2	0	0
7388	*Xanthorhoe*	*ferrugata*		0	0	0	1	2	0	1	0
7390	*Xanthorhoe*	*lacustrata*		0	2	1	0	0	0	0	0
7399	*Euphyia*	*intermediata*		0	1	0	0	0	0	0	0
7414	*Orthonama*	*obstipata*		0	0	0	0	0	0	0	1
7419	*Hydrelia*	*lucata*		0	2	0	0	0	0	0	0
7420	*Hydrelia*	*condensata*		0	1	0	0	0	1	0	0
7422	*Hydrelia*	*inornata*		1	0	0	1	0	0	0	0
7428	*Venusia*	*comptaria*		114	61	29	46	16	15	3	5
7440	*Eubaphe*	*mendica*		2	4	5	0	1	2	1	5
7449	*Eupithecia*	*palpata*		31	64	21	21	10	14	6	5
7459	*Eupithecia*	*columbiata*		10	10	1	4	2	0	0	1
7474	*Eupithecia*	*miserulata*		0	0	2	4	0	1	0	0
7476	*Eupithecia*	*misturata*		6	23	16	9	5	8	1	3
7487	*Eupithecia*	*subfuscata*		59	104	26	45	12	22	10	11
7489	*Eupithecia*	*lariciata*		2	2	2	4	2	2	0	2
7491	*Eupithecia*	*fletcherata*		1	0	1	0	0	0	0	0
7492	*Eupithecia*	*casiata*		0	1	1	0	1	0	0	0
7520	*Eupithecia*	*satyrata*	*dodata*	9	3	3	3	0	5	0	0
7523	*Eupithecia*	*strattonata*		0	0	3	0	1	0	2	1
7524	*Eupithecia*	*cimicifugata*		0	0	0	0	0	1	0	0
7526	*Eupithecia*	*russeliata*		97	70	30	55	19	23	8	15
7528	*Eupithecia*	*assimilata*		0	1	0	0	0	0	0	0

Cat. #	Genus	Specific epithet	Subspecies	Trap							
				UC-1	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
7529	*Eupithecia*	*absinthiata*		2	1	4	3	0	1	0	0
7531	*Eupithecia*	*indistincta*		1	0	1	2	0	0	0	1
7538	*Eupithecia*	*gelidata*		0	0	1	0	0	1	0	0
7540	*Eupithecia*	*perfusca*		2	1	3	4	0	2	0	0
7543	*Eupithecia*	*annulata*		3	3	1	1	0	1	0	0
7574	*Eupithecia*	*albicapitata*		17	12	10	5	1	5	2	0
7575	*Eupithecia*	*mutata*		3	1	3	3	0	5	3	3
7594	*Eupithecia*	*anticaria*		5	7	4	1	1	3	0	3
7625	*Pasiphila*	*rectangulata*		2	4	2	3	2	6	1	3
7635	*Acasis*	*viridata*		4	2	0	4	0	1	0	0
7637	*Cladara*	*limitaria*		39	61	29	31	12	9	9	11
7639	*Cladara*	*atroliturata*		5	10	6	1	7	0	1	1
7640	*Lobophora*	*nivigerata*		0	10	4	3	2	2	1	0

DIVERSITÉ DES PAPILLONS NOCTURNES DANS UNE FORÊT D'ÉPINETTES ROUGES DU NORD-EST DE L'AMÉRIQUE DU NORD

II. Effet des pratiques sylvicoles sur la diversité des géométridés (Lepidoptera: Geometridae)



A.W. Thomas

Rapport d'information M-X-213F

Service canadien des forêts - Centre de foresterie de l'Atlantique

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada

DIVERSITÉ DES PAPILLONS NOCTURNES DANS UNE FORÊT D'ÉPINETTES ROUGES DU NORD-EST DE L'AMÉRIQUE DU NORD

II. Effet des pratiques sylvicoles sur la diversité des géométridés (Lepidoptera: Geometridae)

A.W. Thomas

Rapport d'information M-X-213F

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts - Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5P7 CANADA

2002

© Sa majesté la Reine du Chef du Canada 2002

ISSN: 1195-3802
ISBN: 0-662-87486-2
N° de catalogue : Fo46-19/213F

Un nombre restreint d'exemplaires de cette publication peut être obtenu sans frais à l'adresse suivante :

Ressources naturelles Canada,
Service canadien des forêts - Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick) CANADA E3B 5P7
Téléc : (506) 452-3525

Des microfiches ou des copies cette publication sont en vente chez :

Micromédia Ltée.
240, rue Catherine, bur. 305
Ottawa (Ontario) K2P 2G8
Tél : (613) 237-4250
Ligne sans frais : 1-800-567-1914
Téléc : (613) 237-4251

This publication is available in English upon request.

Données de catalogage avant publication (Canada)

Thomas, A.W.

Diversité des papillons nocturnes dans une forêt d'épinettes rouges du nord-est de l'Amérique du Nord. II. Effet des pratiques sylvicoles sur la diversité des géométridés (Lepidoptera: Geometridae)

(Rapport d'information, ISSN 1195-3802 ; M-X-213F)
Publ. aussi en anglais sous le titre : Moth diversity in a northeastern, North American, red spruce forest. II. The effect of silvicultural practices on geometrid diversity (Lepidoptera: Geometridae)
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-87486-2
No de cat. Fo46-19/213F

1. Papillons nocturnes — Sunbury (County)
2. Papillons nocturnes — Sunbury (County) — Statistiques.
I. Centre de foresterie de l'Atlantique.
II. Titre.
III. Coll : Rapport d'information (Centre de foresterie de l'Atlantique); M-X-213F.

QL545.T46 2002 595.78'09715'43 C2002-980173-7

Résumé

- Entre le taux de bois prélevé et le nombre total d'individus capturés dans les pièges de la parcelle, la corrélation était négative.
- Entre le nombre journalier moyen d'individus capturés et le taux de bois prélevé, la corrélation était négative.
- La richesse spécifique était maximale dans la parcelle où 30 % du bois avait été prélevé, puis diminuait progressivement, de la parcelle non soumise à la coupe (parcelle témoin) à la parcelle coupée par bandes, puis à la parcelle soumise à la coupe à blanc.
- Entre le nombre journalier moyen d'espèces capturées et le taux de bois prélevé, la corrélation était négative.
- La comparaison des courbes de l'accumulation saisonnière des espèces a révélé un retard de cinq jours dans la parcelle soumise à la coupe à blanc par rapport aux autres parcelles.
- Entre le nombre d'espèces communes à la parcelle témoin et à une parcelle soumise à un traitement particulier (taux de bois prélevé), la corrélation était négative.
- Des indices de similitude quantitative ont permis de classer les parcelles selon le taux de bois prélevé, c'est-à-dire que plus ce taux était élevé, moins le coefficient de similitude était élevé par rapport à la parcelle témoin.
- Pour tous les traitements, y compris la parcelle témoin, les diagrammes rang-fréquence (DRF) correspondaient bien aux courbes des séries logarithmiques théoriques.
- Les diagrammes de l'abondance spécifique dans la parcelle témoin, la parcelle à coupe sélective et la parcelle coupée par bandes obéissaient à une distribution log normale tronquée.
- Les diagrammes de l'abondance spécifique dans la parcelle coupée à blanc étaient typiques d'une station appauvrie.
- L'indice de diversité de McIntosh (*U*) était la seule statistique de la diversité à avoir permis le classement en rang des quatre parcelles conformément à l'intensité du traitement.

Summary

- There was a negative correlation between the amount of timber removed and the total number of individuals trapped in a plot.
- There was a negative correlation between the mean daily catch of individuals and the amount of timber removed.
- Species richness was greatest in the plot with 30% timber removed, followed by the uncut plot, then the strip cut, and least in the plot with 100% timber removed.
- There was a negative correlation between the mean daily catch of species and the amount of timber removed.
- Seasonal species accumulation curves showed the clearcut had a 5-day lag compared with the other plots.
- The number of species shared between the uncut plot and a prescription was negatively correlated with the amount of timber removed.
- Quantitative similarity indices ranked the plots in accordance with the amount of timber removed, *i.e.*, the more timber removed, the lower the similarity coefficient when compared with the uncut plot.
- Rank abundance plots were good fits to theoretical log series curves for all prescriptions, including the uncut plot.
- Species abundance plots took the form of truncated log normal distributions for the uncut, selection-cut, and strip-cut plots.
- Species abundance plots for the clearcut were typical of those of an impoverished site.
- McIntosh's diversity index, *U*, was the only diversity statistic that ranked the four plots in accordance with the severity of the prescription.

numbers of individuals, on a daily basis fewer species were found in the prescription plots than in the uncut plot.

Seasonal Species Accumulation Curves

The seasonal species accumulation curves for the plots were identical at the beginning and end of the season. However, for the period when species accumulation was increasing most rapidly, day 138–180 (18 May–29 June), the clearcut showed about a 5-day lag behind that of the other plots (Fig. 3).

Differentiation Diversity

As the species richness in any single plot ranged between 64.5–87% of the total geometrid species recorded from the site (S = 169, Table 1), there were between-plot variations in species compositions. There were also variations in species compositions between traps within plots (Tables 1 and 4). This intra-plot variability was greatest in the clearcut, with just 54% of the species common to both traps, *i.e.*, 59 common species out of a total 109 species (last cell, Table 4), and least in the selection cut (SC-1 vs. SC-2) and uncut (UC-1 vs. UC-2) with 73% and 70% of species in common, respectively. The two traps in the strip cut (SCR-1 vs. SCC-1) shared 63% of the 128 species captured in that plot (Table 4).

Qualitative Measures

Jaccard's qualitative similarity index separated the trap catches into three groupings. One group involved the six comparisons between the four traps in the uncut and selection cut, and gave indices ranging between 0.70 and 0.74 (first three columns, Table 5). A second grouping comprised the two traps in the clearcut. These traps shared the fewest species with each other, and with traps in the other plots, and had the lowest similarity indices when paired with other traps, 0.49–0.59 (last two columns, Table 5). The strip-cut traps formed a third grouping that shared more species with the traps in the uncut and selection

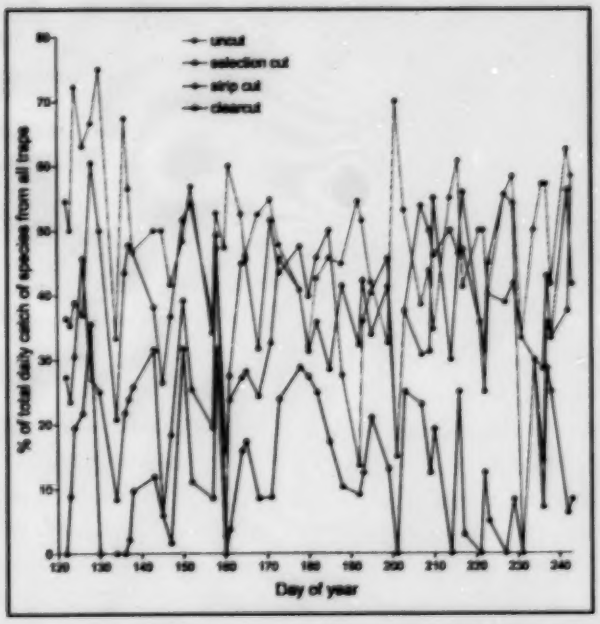


Figure 2. Daily proportional catches of geometrid species in the plots.

Préambule

Le présent rapport est le deuxième fondé sur la diversité des papillons nocturnes dans une forêt d'épinettes rouges ayant subi trois traitements sylvicoles immédiatement avant le prélèvement d'échantillons. La station renfermait de la forêt non perturbée et des parcelles à coupe sélective, coupées par bandes et coupées à blanc. Étude de base, le premier rapport renfermait une introduction au projet et l'exposé détaillé de la méthode d'échantillonnage; il présentait des courbes de l'accumulation saisonnière et randomisée des espèces et des estimations de la richesse, des diagrammes rang-fréquence, des statistiques de la diversité, des diagrammes d'abondance spécifique, et l'évolution saisonnière de la diversité; et il produisait une liste d'espèces capturées et leur abondance (Thomas 2001). Les données ont été totalisées pour toutes les parcelles et analysées selon trois groupes : toutes les espèces dans 14 familles de papillons nocturnes de grande taille, de géométridés et de noctuidés.

Introduction

On a choisi la communauté des géométridés pour faire une analyse approfondie parce que des études antérieures avaient désigné ces papillons comme de bons candidats pour déterminer l'effet des pratiques forestières sur la diversité des papillons nocturnes, en raison de leur faible aptitude au vol et de leur grande fidélité à leur habitat (Holloway 1985, Usher et Keiller 1998, Intachat et Holloway 2000). En outre, d'après l'étude de base (Thomas 2001), seulement un petit nombre d'espèces de géométridés avait été omis au cours de la période d'échantillonnage. Le présent rapport examine la station, parcelle par parcelle, afin de déterminer l'effet des traitements sylvicoles sur la diversité des insectes, la communauté des géométridés (papillons nocturnes) étant prise comme exemple. Il s'agissait de comparer les statistiques de la richesse, de l'abondance, de la diversité et de la complémentarité de la faune des géométridés de la parcelle non coupée (témoin) aux données correspondantes relatives aux parcelles ayant subi des traitements sylvicoles afin de déterminer l'effet de ces derniers sur la diversité des géométridés.

Matériel et méthodes

Emplacement de l'étude et captures

L'étude a été réalisée dans une forêt d'épinettes rouges dans la forêt de recherche Acadia, dans le comté de Sunbury, au Nouveau-Brunswick (46, 02° de latitude N., 66, 37° de longitude O.), où l'on trouve des blocs d'environ 3 ha constitués de forêt mature intacte (aucune coupe de bois effectuée), de forêt ayant subi soit une coupe sélective (30 % du bois coupé), soit une coupe par bandes (50 % du bois coupé), soit une coupe à blanc (100 % du bois coupé) (voir la photographie à page 6 du Thomas (2001)). Les interventions sylvicoles avaient été faites au cours de l'hiver 1998–1999 précédant immédiatement la période d'échantillonnage.

Pendant 122 jours, à compter de la nuit du 1er au 2 mai jusqu'à celle du 31 août 1er septembre 1999, on a fait fonctionner, du crépuscule à l'aube, huit pièges lumineux répartis de façon assez égale. Chaque piège était équipé d'une ampoule unique à lumière noire de 22 W qui servait de leurre. Les pièges étaient alimentés par un seul groupe électrogène à essence. Les pièges fonctionnaient par paires dans quatre parcelles; c'est à dire, deux pièges dans chacune de la parcelle témoine, de la parcelle à coupe sélective, de la parcelle à coupe par bandes et de la parcelle coupée à blanc. Dans chaque parcelle, les deux pièges etaient séparés par une distance variant entre 42 m et 100 m.

Analyses statistiques

Dans l'étude de base, les analyses se fondaient sur 11 815 géométridés sur un total de 31 634 macrolépidoptères capturés en 54 nuits, y compris la collection incomplète de la nuit des journées 196 à 197, au cours de laquelle seulement sept des huit pièges avaient fonctionné (Thomas 2001). Comme le présent rapport compare les captures d'une parcelle à l'autre, on a supprimé toutes les données relatives à cette nuit et fondé les analyses sur les 11 445 géométridés capturés au cours des 53 autres nuits. Lorsque cela s'est révélé pratique, on a analysé les données piège par piège, rendant ainsi plus crédible l'effet du traitement sylvicole. On a aussi ramené des analyses à l'échelle de la parcelle, c'est-à-dire que l'on a combiné, avant l'analyse, les données tirées des deux pièges de chacune des quatre parcelles.

Parmi les façons simples de déceler un effet dans une communauté de papillons nocturnes, il y a la détermination des éventuels écarts dans le nombre d'individus et d'espèces et la détermination des différences entre les courbes d'accumulation des espèces dans les parcelles soumises à des traitements sylvicoles et le même type de courbe sur la parcelle témoin. Parmi les complexes, il y a la mesure des coefficients de similitude, les diagrammes rang-fréquence (DRF) et les diagrammes d'abondance spécifique, que

Table 7. Morisita-Horn abundance-based similarity indices for between-trap comparisons of geometrid species

Trap*	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
UC-1	.90	.83	.90	.76	.74	.72	.71
UC-2		.96	.96	.91	.91	.76	.73
SC-1			.96	.95	.96	.76	.73
SC-2				.90	.91	.76	.73
ST-R					.97	.69	.65
ST-C						.74	.72
CC-1							.90

* see Table 1 for trap coding

In a plot-by-plot comparison, both quantitative indices ranked similarity in accordance with amount of timber remaining (Table 9). The selection cut (70% timber remaining) was most similar to the uncut plot, and the clearcut the least similar. The strip cut (50% timber remaining) was most similar to the selection cut and least similar to the clearcut. The clearcut was most similar to the strip cut.

Rank Abundance

When the relative abundance of each species from the uncut plot was plotted over its sequence in a ranking of abundances, the resulting shallow curve was characteristic of a log series species abundance model and was a close fit to the theoretical log series curve for a community with identical richness (S = 142) and abundance (N = 4,756)(Fig. 4*a*). Similar curves and goodness-of-fit to the theoretical curves were obtained from the data from the three prescription plots (Fig. 4*b, c, d*)

Species Abundance

Several patterns of frequencies of individuals/species/trap are apparent in the data set (Appendix). In most of the *Macaria* spp. (#6273–#6351), individuals were far more abundant in the forested plots than in the clearcut. This pattern was also seen in many other species, especially those where abundances exceeded 200 individuals, *e.g., Ectropis crepuscularia* (#6597), *Hypagyrtis piniata* (#6656), *Pero morrisonaria* (6755), *Petrophora subaequaria* (#6804), and *Cyclophora pendulinaria* (#6139). In contrast, only two species showed relatively high abundances in the clearcut, *i.e., Eufidonia convergaria* (#6637) and *Biston betularia cognataria* (#6640).

When species abundances were grouped into x2 geometric scale classes and used as the x-axis of a frequency plot, the resulting graphs from the uncut, selection-cut, and strip-cut plots took the form of truncated log normal distributions (Fig. 5*a, b, c*) that are almost identical to an annual sample from a stable ecosystem in Great Britain (Taylor 1978, Fig. 1.6*b*). Such distributions fit both the log series and log normal models equally well (Taylor 1978). In the clearcut, (Fig. 5*d*) the preponderance of singletons coupled with no species beyond the 64-127 class is suggestive of an impoverished site (Taylor 1978, Fig. 1.6*c*). Such a distribution is described equally well by both log series and log normal models.

Tableau 1. Nombre d'individus et d'espèces de géométridés par piège, selon le traitement sylvicole

Traitement (parcelle)	Piège*	Individus	Espèces par piège	Total des espèces
Pas de coupe (témoin)	CT-1	2198	118	142
	CT-2	2558	124	
Coupe sélective	CS-1	1497	126	147
	CS-2	2099	128	
Coupe par bandes – résiduelles	BR-1	1254	99	128
– coupées	BC-1	1056	109	
Coupe à blanc	CB-1	400	86	109
	CB-2	383	82	
Données regroupées		11 445		169

* CT-1, CT-2, pièges de la parcelle non soumise à la coupe (témoin) : aucun prélèvement de bois, parcelle non perturbée.
CS-1, CS-2, pièges dans la parcelle jardinée : 30 % du bois prélevé.
BR-1, BC-1, pièges dans la parcelle coupée par bandes : 50 % du bois prélevé dans des bandes alternées de 14 m.
BR-1 bande résiduelle (pas prélèvement de bois).
BC-1 bande coupée à blanc (100 % du bois enlevé).
CB-1, CB-2, pièges dans la parcelle coupée à blanc : 100 % du bois prélevé.

Résultats

Nombre d'individus

Au cours des 53 nuits d'échantillonnage, on a capturé 11 445 papillons dans huit pièges. De ce nombre, 41,6 % ont été capturés dans la parcelle témoin; 31,4 % dans la parcelle à coupe sélective; 19,2 % dans la parcelle coupée par bandes et seulement 6,8 % dans la parcelle coupée à blanc (tableau 1). Entre l'abondance quotidienne moyenne des individus et le taux de bois prélevé, la corrélation était négative. Ainsi, en moyenne, 46,0 % des individus capturés chaque jour provenaient de la parcelle témoin; 28,8 % de la parcelle à coupe sélective; 19,7 % de la parcelle coupée par bandes; et seulement 5,5 % de la parcelle coupée à blanc (tableau 2). Dans la figure 1, on compare le rapport quotidien entre les captures par piège dans les parcelles traitées et les captures dans les pièges de la parcelle témoin. La plupart du temps, le nombre de captures dans les parcelles traitées était proportionnellement inférieur au nombre de captures dans la parcelle témoin. Ainsi, les faibles abondances dans les parcelles soumises à la coupe n'étaient pas, comparativement à l'abondance dans la parcelle témoin, un phénomène limité dans le temps mais un phénomène constant tout au long de la période d'échantillonnage.

Nombre d'espèces

Au cours des 53 nuits de fonctionnement des pièges, on a capturé 169 espèces comme suit : 84 % dans la parcelle témoin, 87 % dans la parcelle à coupe sélective, 75,7 % dans la parcelle coupée par bandes et 65,5 % dans la parcelle coupée à blanc (tableau 1). La corrélation quotidienne entre le nombre proportionnel moyen d'espèces et le taux de bois prélevé était négative (tableau 3). En moyenne, les pièges de la parcelle témoin ont attiré 50 % des espèces capturées chaque jour, ceux de la parcelle à coupe sélective 40 %, ceux de la parcelle coupée par bandes 32 %

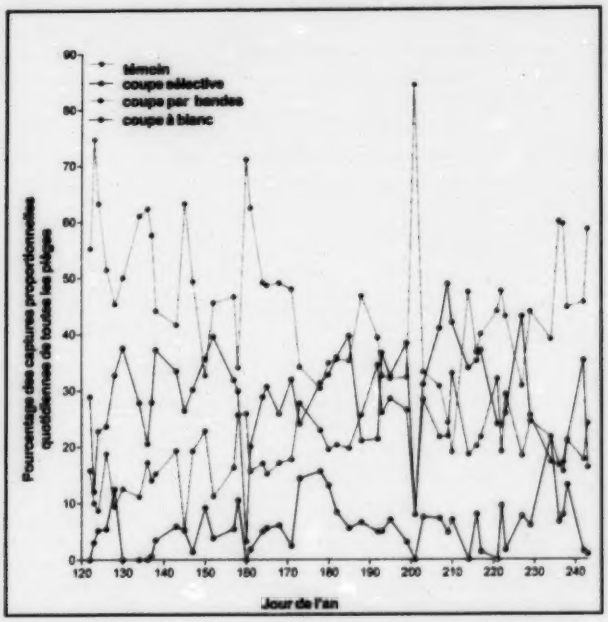


Figure 1. Abondance quotidienne proportionnelle de géométridés individus dans les parcelles.

Tableau 2. Abondance quotidienne moyenne de géométridés par piège, en pourcentage de l'abondance quotidienne totale des huit pièges

Parcelle	Témoin		Coupe sélective		Coupe par bandes		Coupe à blanc	
Piège*	CT-1	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
moyenne	21,4	24,6	12,4	16,4	12,0	7,73	3,0	2,51
erreur-type	1,14	1,19	0,72	0,85	0,70	0,61	0,36	0,38

* voir l'explication des codes relatifs aux pièges au tableau 1

Tableau 3. Nombre quotidien moyen de captures d'espèces de géométridés par piège, en pourcentage du nombre quotidien total de captures d'espèces des huit pièges

Parcelle	Témoin		Coupe sélective		Coupe par bandes		Coupe à blanc	
Piège*	CT-1	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
moyenne	47,1	54,0	36,9	42,0	35,9	28,6	14,0	11,7
erreur-type	2,17	1,90	1,85	2,25	1,95	2,0	1,64	1,48

* voir l'explication des codes relatifs aux pièges au tableau 1

et ceux de la parcelle coupée à blanc 13 % seulement. Dans la figure 2, on compare le nombre proportionnel de captures par piège, quotidennement, dans les parcelles soumises à un traitement sylvicole au nombre de captures dans les pièges de la parcelle témoin. À l'instar du nombre d'individus, on a trouvé, journellement, moins d'espèces dans les parcelles soumises à la coupe que dans la parcelle témoin.

Courbes saisonnières d'accumulation des espèces

Au début et à la fin de la saison, les courbes saisonnières d'accumulation des espèces étaient identiques dans les parcelles. Cependant, au cours de la période où l'accumulation des espèces augmentait le plus rapidement, au cours des journées 138 à 180 (du 18 mai au 29 juin), la parcelle coupée à blanc a présenté un retard d'environ cinq jours par rapport aux autres parcelles (fig. 3).

Diversité de la différenciation

Comme la richesse spécifique dans n'importe quelle parcelle variait entre 64,5 et 87 % du nombre total d'espèces de géométridés enregistré dans la station (S = 169, tableau 1), il y avait des variations entre les parcelles pour ce qui concerne les compositions spécifiques. Il existait aussi des variations dans les compositions spécifiques entre les pièges à l'intérieur de la même parcelle (tableaux 1 et 4). Cette variabilité à l'intérieur de la même parcelle était maximale dans la parcelle coupée à blanc, puisque 54 % à peine des espèces étaient communes aux deux pièges, c'est-à-dire que 59 espèces étaient communes sur une totalité de 109 (dernière cellule du tableau 4), tandis que cette variabilité était minimale dans la coupe sélective (CS 1 c. CS 2) et dans la parcelle témoin (CT 1 c. CT 2), où, respectivement, 73 et 70 % des espèces étaient communes aux deux pièges. Les deux pièges de la parcelle coupée par bandes (BR 1 c. BC 2) se partageaient 63 % des 128 espèces capturées dans la parcelle (tableau 4).

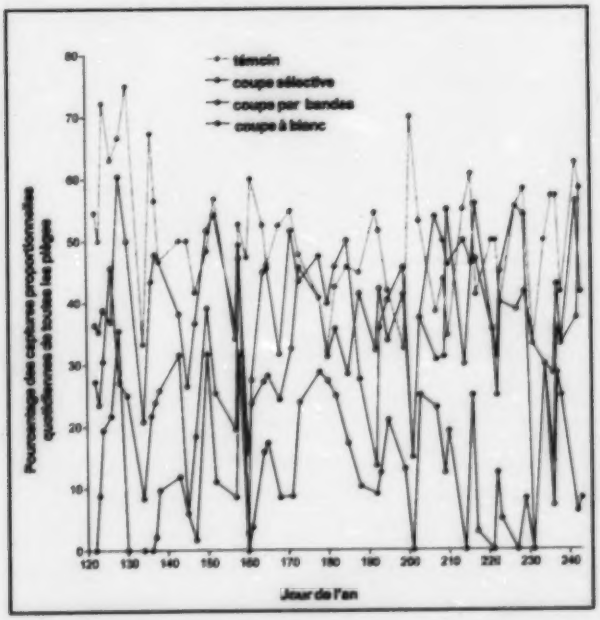


Figure 2. Nombre proportionnel quotidien de captures d'espèces de géométridés dans les parcelles.

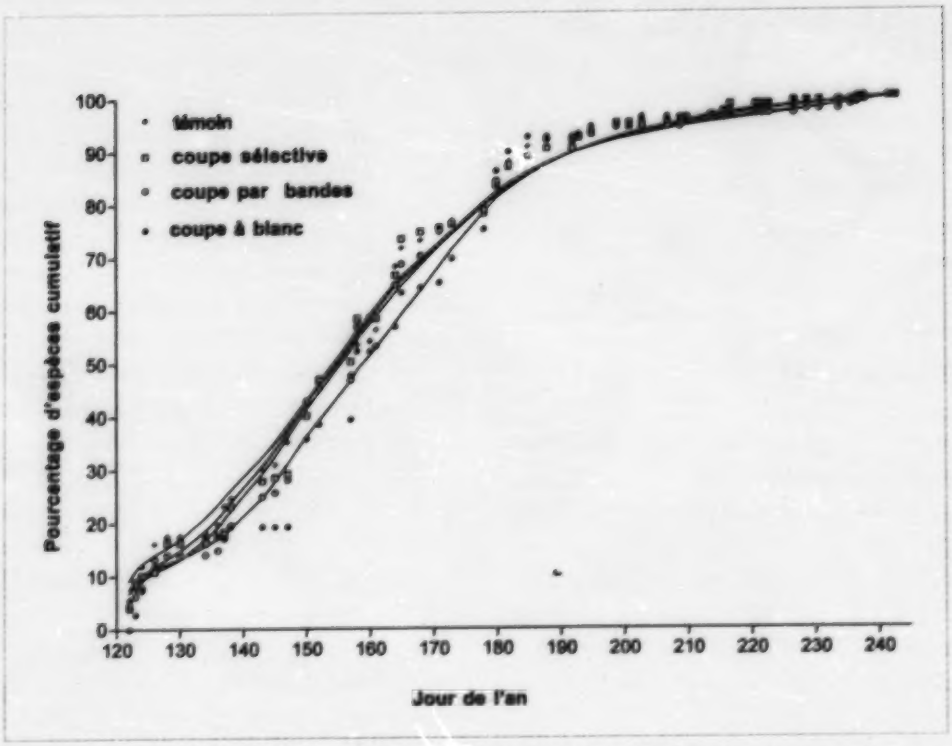


Figure 3. Courbes de l'accumulation saisonnière d'espèces de géométridés dans les quatre parcelles. Les lignes représentent des courbes Lowess grossièrement ajustées pour montrer les tendances dans les données. À noter que les tendances pour les parcelles témoin, sélective et coupée par bandes sont presque identiques mais que la parcelle coupée à blanc est en retard de cinq jours environ au cours de la période d'augmentation rapide de l'apparition des espèces.

Mesures qualitatives

L'indice de similitude qualitative de Jaccard distingue trois groupes de captures dans les pièges. Un groupe découlait des six comparaisons entre les quatre pièges de la parcelle témoin et de la parcelle à coupe sélective, et il correspondait à des indices variant entre 0,70 et 0,74 (les trois premières colonnes du tableau 5). Un second groupe était constitué des deux pièges de la parcelle coupée à blanc, qui avaient le moins d'espèces en commun avec l'un l'autre et avec les pièges des autres parcelles et qui présentaient aussi les indices minimaux de similitude lorsqu'ils étaient appariés avec d'autres pièges, c'est-à-dire 0,49 à 0,59 (les deux dernières colonnes du tableau 5). Les pièges de la parcelle coupée par bandes formaient un troisième groupe qui avait plus d'espèces en commun avec les pièges de la parcelle témoin et de la parcelle à coupe sélective, soit 83 à 96 (tableau 4), qu'avec les pièges de la parcelle coupée à blanc, 65 à 67 (tableau 4). Les indices de similitude reflétaient cette coïncidence : ils étaient de 0,62 à 0,68 dans la parcelle témoin et la parcelle à coupe sélective (colonnes 4 et 5 du tableau 5), et de 0,50 à 0,59 dans la parcelle coupée à blanc (tableau 5).

Les indices de similitude qualitative de Sorensen possèdent une valeur supérieure aux indices de Jaccard, mais ils regroupent les pièges de façon identique (tableau 6).

Tableau 4. Nombre d'espèces de géométridés par piège et nombre d'espèces communes sur le nombre total d'espèces, pour les comparaisons entre pièges

	Nombre d'espèces communes sur le nombre total, pour les comparaisons entre les pièges						
Piège*/espèces	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2/82
CT-1/118	100/142	102/142	105/141	83/134	88/139	70/134	69/131
CT-2/124		104/146	106/146	88/135	94/139	72/138	68/138
CS-1/126			107/147	89/136	93/142	74/138	70/138
CS-2/128				92/135	96/141	72/142	70/140
BR-1/99					80/128	67/118	67/114
BC-1/109						65/130	67/124
CB-1/86							59/109

* voir l'explication des codes relatifs aux pièges au tableau 1

Tableau 5. Indices de similitude de Jaccard fondés sur l'incidence pour les comparaisons entre pièges des espèces de géométridés

Piège*	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
CT-1	0,70	0,72	0,74	0,62	0,63	0,52	0,53
CT-2		0,71	0,73	0,65	0,68	0,52	0,49
CS-1			0,73	0,65	0,65	0,54	0,51
CS-2				0,68	0,68	0,51	0,50
BR-1					0,63	0,57	0,59
BC-1						0,50	0,54
CB-1							0,54

* voir l'explication des codes relatifs aux pièges au tableau 1

Tableau 6. Indices de similitude de Sorensen fondés sur l'incidence pour les comparaisons entre pièges des espèces de géométridés

Piège*	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
CT-1	0,83	0,84	0,85	0,76	0,78	0,69	0,69
CT-2		0,83	0,84	0,79	0,81	0,69	0,66
CS-1			0,84	0,79	0,79	0,70	0,67
CS-2				0,81	0,81	0,67	0,67
BR-1					0,77	0,72	0,74
BC-1						0,67	0,70
CB-1							0,70

* voir l'explication des codes relatifs aux pièges au tableau 1

Tableau 7. Indices de similitude de Morista-Horn fondés sur l'abondance pour les comparaisons entre pièges des espèces de géométridés

Piège*	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
CT-1	0,90	0,83	0,90	0,76	0,74	0,72	0,71
CT-2		0,96	0,96	0,91	0,91	0,76	0,73
CS-1			0,96	0,95	0,96	0,76	0,73
CS-2				0,90	0,91	0,76	0,73
BR-1					0,97	0,69	0,65
BC-2						0,74	0,72
CB-1							0,90

* voir l'explication des codes relatifs aux pièges au tableau 1

Mesures quantitatives

D'après l'indice de Morisita-Horn, les captures dans le piège CT-2 sont moins semblables à celles de l'autre piège de la parcelle témoin, CT-1, qu'aux captures dans les pièges de la parcelle à coupe sélective (tableau 7). Dans les autres cas, les rangs entre cet indice et l'indice quantitatif de Sorensen (tableau 8) étaient semblables, sauf que l'indice de Morisita-Horn a donné des coefficients constamment plus élevés que ceux de l'indice de Sorensen.

Si l'on compare les parcelles une à une, les deux indices quantitatifs ont classé la similitude conformément au taux de bois résiduel (tableau 9). La parcelle à coupe sélective (70 % de bois résiduel) était la plus semblable à la parcelle témoin, tandis que la parcelle coupée à blanc en était le moins. La parcelle coupée par bandes (50 % de bois résiduel) était le plus semblable à la parcelle à coupe sélective et le moins semblable à la parcelle coupée à blanc. La parcelle coupée à blanc était le plus semblable à la coupe par bandes.

Rang-fréquence

Lorsque l'on a établi le diagramme de l'abondance relative de chaque espèce dans la parcelle témoin en fonction de son rang dans l'ordre des abondances, la courbe à peu près horizontale ainsi obtenue était caractéristique d'un modèle d'abondance spécifique basé sur les séries logarithmiques et correspondait étroitement à la courbe théorique des séries logarithmiques pour une communauté de richesse ($S = 142$) et une abondance ($N = 4,756$) identiques (fig. 4a). On a obtenu des courbes et une conformité étroite semblables aux courbes théoriques avec les données des trois parcelles soumises à la coupe (fig. 4 b, c, d).

Abondance spécifique

Dans l'ensemble de données (annexe), on distingue plusieurs types de fréquences des individus ou des espèces par piège. Dans la plupart des espèces *Macaria* (nos 6273 à 6351), des individus étaient beaucoup plus abondants dans les parcelles boisées que dans la parcelle coupée à blanc. Le phénomène a également été constaté chez de nombreuses autres espèces, plus particulièrement celles dont l'abondance excédait 200 individus, p. ex. *Ectropis crepuscularia* (n° 6597), *Hypagyrtis piniata* (n° 6656), *Pero morrisonaria* (n° 6755), *Petrophora subaequaria* (n° 6804) et *Cyclophora pendulinaria* (n° 6139). Par contraste, deux espèces seulement ont présenté une abondance relativement élevée dans la parcelle coupée à blanc : *Eufidonia convergaria* (n° 6637) et *Biston betularia cognataria* (n° 6640).

Tableau 8. Indices de similitude de Sorensen fondés sur l'abondance pour les comparaisons entre pièges des espèces de géométridés

Piège*	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
CT-1	0,79	0,66	0,77	0,61	0,55	0,26	0,26
CT-2		0,69	0,80	0,61	0,54	0,22	0,22
CS-1			0,77	0,77	0,74	0,37	0,36
CS-2				0,67	0,62	0,28	0,27
BR-1					0,79	0,39	0,39
BC-2						0,46	0,47
CB-1							0,72

* voir l'explication des codes relatifs aux pièges au tableau 1

Tableau 9. Coefficients de similitude pour les captures entre les parcelles, selon les indices de Sorensen fondés sur l'abondance et les indices de Morisita-Horn entre parenthèses

Parcelle	Coupe sélective	Coupe par bandes	Coupe à blanc
Témoin	0,80 (0,97)	0,68 (0,90)	0,44 (0,70)
Coupe sélective		0,76 (0,93)	0,53 (0,74)
Coupe par bandes			0,66 (0,84)

Lorsque l'on a groupé les abondances spécifiques dans des classes à l'échelle géométrique x 2, puis qu'on les a portées en abscisses (axe des x) d'un diagramme de fréquences, les courbes résultantes obtenues à partir des données relatives à la parcelle témoin, à la parcelle à coupe sélective et à la parcelle coupée par bandes avaient l'allure de distributions log-normales tronquées (fig. 5 a, b, c) presque identiques à un échantillon annuel d'un écosystème stable de la Grande-Bretagne (Taylor 1978; fig. 1.6b). Ces distributions s'ajustent également bien aux modèles log-normaux et à séries logarithmiques (Taylor 1978). Dans la parcelle coupée à blanc, la prépondérance des singletons et l'absence d'espèces au-delà de la classe 64 à 127 portent à croire à l'appauvrissement stationnel (Taylor 1978; fig. 1.6c). Une telle distribution se décrit également bien par les modèles à séries logarithmiques et log normaux.

Statistiques de la diversité

La statistique de séries logarithmiques, α, était de même amplitude pour toutes les parcelles, ne montrant ainsi aucun pouvoir de discrimination (tableau 10). La statistique log normale, λ, était maximale pour la coupe sélective, mais ne présentait aucune corrélation avec l'intensité du traitement (tableau 10). De même, la statistique *Q* et l'indice de Margalef étaient à peine supérieurs pour la coupe sélective, sans montrer de pouvoir de discrimination (tableau 10). La statistique *U* de Mcintosh s'est révélée posséder un excellent pouvoir de discrimination et de classement des parcelles selon le degré de perturbation (tableau 10). Les trois indices considérés par Magurran (1988) comme possédant un pouvoir modéré de discrimination (indices de Brillouin, de Shannon, et réciproque

Tableau 10. Statistiques de la diversité des géométridés, par parcelle

Parcelle	Témoin	Coupe sélective	Coupe par bandes	Coupe à blanc
Individus	4756	3596	2310	783
Richesse (S)	142	147	128	109
Séries logarithmiques, (α + Et')	27,5 + 2,31	30,8 + 2,53	29,2 + 2,58	34,4 + 3,30
Log normal, λ	185	217	182	201
Statistique Q	27,7	33,2	29,1	28,9
Indice de Margalef	16,7	17,8	16,4	16,2
Indice de McIntosh (U)	866	731	490	136
Indice de diversité de Brillouin	5,53	5,44	5,30	5,42
Indice de diversité de Shannon	5,61	5,55	5,44	5,72
Indice de diversité de Simpson*	30,2	24,2	22,3	32,9
Indice de Berger-Parker*	10,4	7,8	7,3	12,0
Indice de dominance de McIntosh	0,830	0,810	0,805	0,856
Indice de régularité de Brillouin	0,785	0,771	0,778	0,847
Indice de régularité de McIntosh	0,893	0,868	0,865	0,913
Indice de régularité de Shannon	0,785	0,771	0,778	0,845
Indice de régularité de Simpson	0,974	0,965	0,963	0,979

* réciproque
' Et - erreur type

de l'indice de Simpson) ont permis de classer la parcelle témoin, la parcelle à coupe sélective et la parcelle coupée par bandes selon l'ordre du degré de perturbation, mais sans pouvoir classer correctement la parcelle coupée à blanc (tableau 10). Tous les indices susmentionnés, sauf celui de Simpson, subissent la forte influence de la richesse spécifique (Magurran 1988). Les parcelles témoin et à coupe sélective étaient des plus semblables pour ce qui concerne la richesse spécifique et le nombre d'individus, tandis que les huit indices présentant un biais systématique à l'égard des abondances proportionnelles (indice de Shannon, réciproques des indices de Simpson et de Berger Parker, indice de dominance de McIntosh, indices de régularité de Brillouin, de McIntosh, de Shannon et de Simpson) ont classé la parcelle témoin comme étant plus diversifiée que la coupe sélective (tableau 10). Par contraste, les mesures favorisant systématiquement la richesse (α, λ, Q, Margalef) classaient la parcelle à coupe sélective comme plus diversifiée.

Discussion

Comme le nombre total d'individus dans les parcelles ainsi que l'abondance quotidienne moyenne par piège étaient négativement corrélés à l'intensité du traitement (tableaux 1 et 2), il y avait un effet mesurable du prélèvement de bois sur la composante de la diversité qu'est l'abondance des géométridés. Les effets n'étaient pas aussi constants sur la richesse spécifique, mais la coupe sélective a produit plus d'espèces que la parcelle témoin, tandis que la coupe par bandes et la coupe à blanc ont eu pour effet de diminuer la richesse. Cependant, quotidiennement, le nombre proportionnel moyen de captures d'espèces par parcelle était corrélé de façon négative avec le taux de bois prélevé (tableau 3). Même si 65,5 % des espèces finissaient par être capturées dans la parcelle coupée à blanc, le nombre proportionnel quotidien moyen de captures d'espèces (à 13 %) montre le caractère éphémère de leur présence dans cette parcelle. Si, à cela, on ajoute le décalage de cinq jours dans l'apparition de « nouvelles espèces » dans la zone coupée à blanc (fig. 3), cela porte à croire que la plupart des géométridés étaient des «touristes» provenant de parcelles boisées contiguës. Je me serais attendu à ce que la courbe de l'accumulation saisonnière des espèces dans la parcelle coupée à blanc soit en avance par rapport aux mêmes courbes pour les terrains boisés, en raison de la température plus élevée du sol dans cette parcelle. La faible similitude des espèces dans la parcelle coupée à blanc, mise en évidence par le contenu des pièges, porte en outre à croire au caractère transitoire de la communauté des papillons nocturnes. La similitude relativement faible des pièges du terrain coupé par bandes reflète probablement le contraste des habitats où on a posé les pièges.

Un diagramme de la fréquence des espèces sur les classes d'abondance enregistrées, qui est un diagramme de l'abondance spécifique, se montre le plus prometteur pour déceler les répercussions négatives graves d'un traitement forestier. Lorsque la première classe, un individu par espèce, donne la fréquence maximale, comme dans la parcelle coupée à blanc, voilà un signe d'appauvrissement de la station.

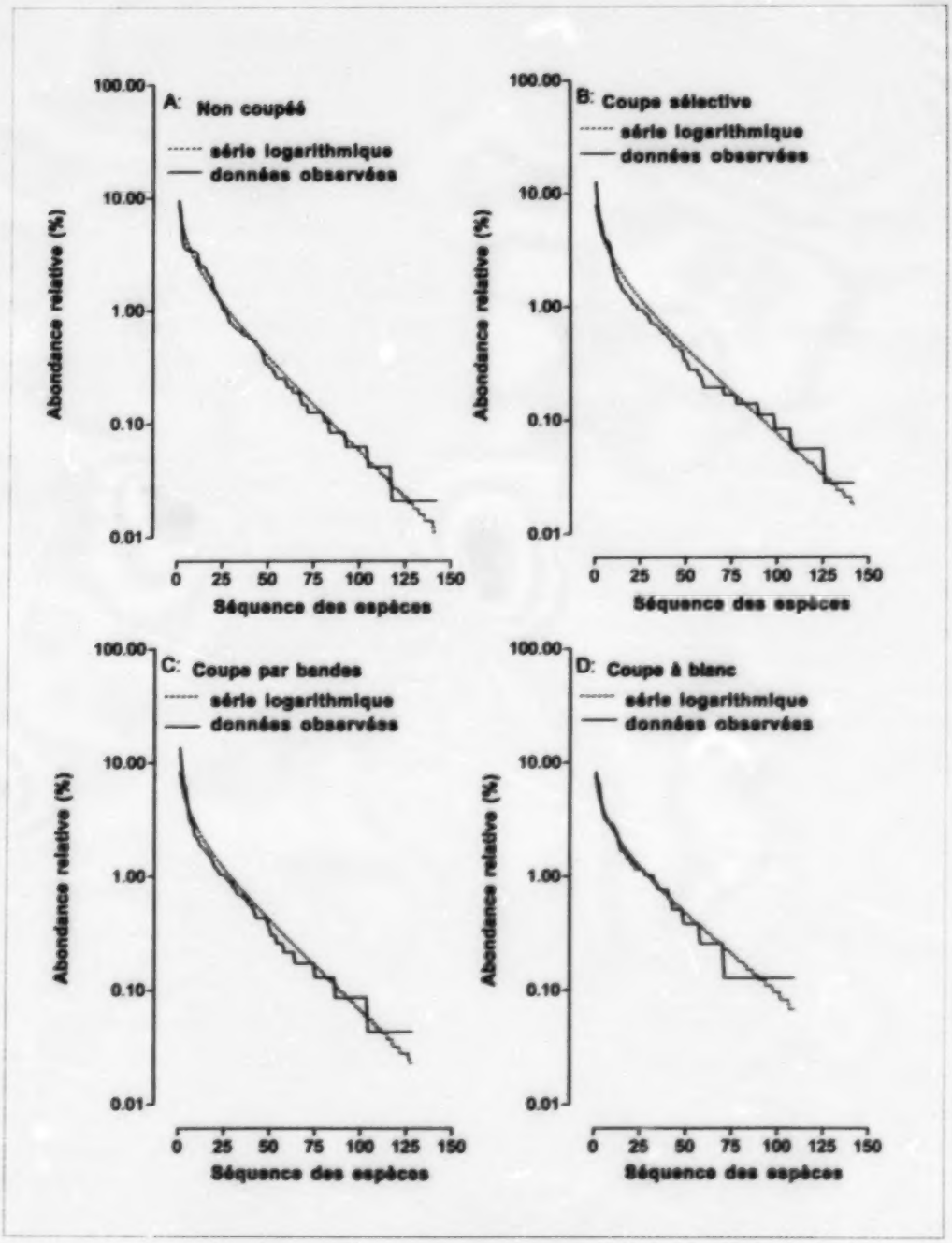


Figure 4. Diagramme rang-fréquence des géométridés dans chacune des quatres parcelles.

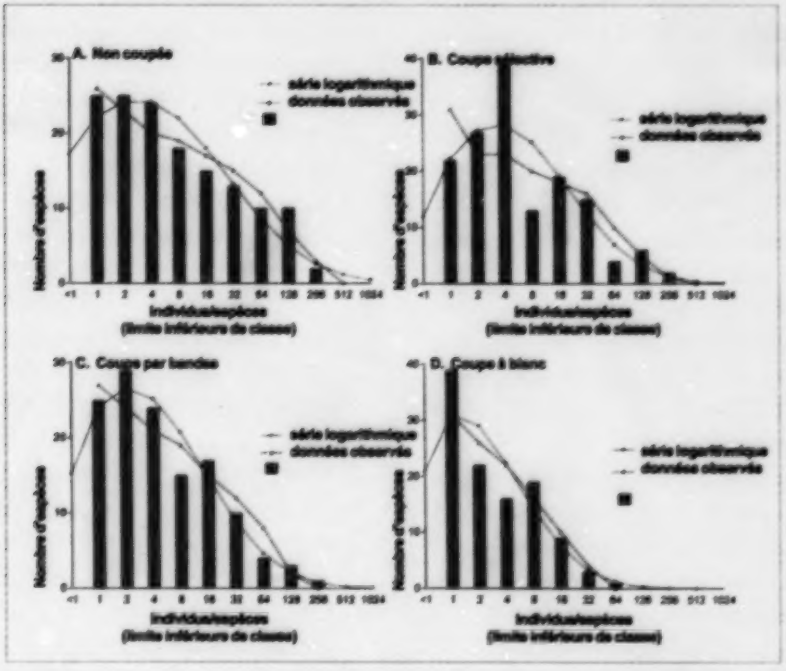


Figure 5. Fréquences des classes d'abondance d'espèces de géométridés dans chacune des quatre parcelles. Distributions théoriques d'après des modèles basés sur des séries logarithmiques et des modèles log normaux comparés aux données observées.

Landau *et al.* (1999) ont donné au recouvrement des espèces dans deux pièges disposés dans une station boisée et au recouvrement des espèces dans deux pièges d'une seconde station forestière de Louisiane les valeurs de 65 et de 75 %, respectivement. Dans la parcelle témoin de la présente étude, les indices de similitude fondés sur l'incidence étaient, pour les deux pièges, de 0,70 (indice de Jaccard) et de 0,83 (indice de Sorensen). Les indices de similitude fondés sur l'abondance étaient de 0,79 (indice de Sorensen) et de 0,90 (indice de Morisita-Horn). Ces indices de similitude à l'intérieur de la même parcelle ressemblent à la valeur supérieure donnée par Landau *et al.* (1999) et constituent les valeurs de base pour déceler les effets des traitements sur la communauté des géométridés. Les indices de similitude inférieurs à ces valeurs, pour ce qui concerne les comparaisons de pièges entre parcelles, montrent un effet mesurable du traitement sur la communauté des géométridés.

D'après les espèces communes, les indices de Jaccard (tableau 5) et de Sorensen (tableau 6) fondés sur l'incidence montrent qu'un prélèvement de 30 % du bois dans la coupe sélective n'a pas eu d'effet sur la composition spécifique par rapport à la parcelle témoin. Cependant, l'enlèvement de 50 % du bois par la coupe par bandes ou de 100 % par la coupe à blanc abaisse les indices et exerce ainsi un effet négatif sur la composition spécifique par rapport à la forêt non soumise à la coupe.

Les indices de similitude fondés sur l'abondance donnent des résultats semblables aux indices fondés sur l'incidence; l'indice de Sorensen donne des valeurs extrêmement faibles pour les comparaisons entre la parcelle témoin et la parcelle coupée à blanc (tableau 8).

Magurran (1988) a classé les statistiques de la diversité comme ayant une capacité bonne, moyenne ou faible de déceler de subtiles différences entre les stations; elle a insisté sur le fait que, pour être vraiment utile, une statistique de la diversité doit posséder un pouvoir élevé de discrimination. Quatre des six indices qu'elle a classés comme « bons » (α, λ, Q, Margalef) n'ont présenté aucun pouvoir de discrimination. La coupe par bandes et la coupe à blanc influent de façon négative sur la richesse spécifique (S) (également classée comme « bonne »), ainsi, S a fait preuve d'un pouvoir de discrimination élevé lorsque ces deux traitements ont été comparés avec le témoin. La statistique U de McIntosh, le sixième « bon » indice, a présenté un pouvoir de discrimination très élevé : il a classé les traitements selon le taux de prélèvement du bois. Un deuxième ensemble de mesures de la diversité, présentant un biais à l'égard des abondances proportionnelles spécifiques, a fait preuve d'un faible pouvoir de discrimination, mais il est utile à la comparaison des communautés possédant un nombre semblable d'espèces et d'individus (Magurran 1988). Ces indices comprennent ceux de Simpson, de Berger-Parker, les indices de régularité de Brillouin, de McIntosh, de Shannon, de Simpson et l'indice de dominance de McIntosh. Dans ces communautés, celles qui possèdent une distribution plus régulière d'individus entre les espèces sont considérées comme plus diversifiées. D'après ces huit indices, la diversité de la parcelle témoin serait plus grande que celle de la parcelle à coupe sélective. Les valeurs relativement élevées d'α et de λ pour la parcelle coupée à blanc reflètent les valeurs élevées constatées dans certaines stations appauvries de Grande-Bretagne. Taylor (1978) a interprété que ce phénomène survenait dans les stations appauvries, où les captures d'insectes de populations résidantes, à des densités très faibles, ont été d'une importance beaucoup moindre que celle des immigrants isolés (touristes) de nombreuses espèces nomades avoisinant les stations appauvries. La distribution résultante a été une proportion très élevée de singletons et elle donne lieu à des valeurs irréalistes, plus particulièrement pour la distribution log-normale.

Table 8. Sorensen's abundance-based similarity indices for between-trap comparisons of geometrid species

Trap*	UC-2	SC-1	SC-2	ST-R	ST-C	CC-1	CC-2
UC-1	.79	.66	.77	.61	.55	.26	.26
UC-2		.69	.80	.61	.54	.22	.22
SC-1			.77	.77	.74	.37	.36
SC-2				.67	.62	.28	.27
ST-R					.79	.39	.39
ST-C						.46	.47
CC-1							.72

* see Table 1 for trap coding

Table 9. Coefficients of similarity for between-plot catches, Sorensen's abundance-based index with Morisita-Horn index in parentheses

Plot	selection cut	strip cut	clearcut
uncut	.80 (.97)	.68 (.90)	.44 (.70)
selection cut		.76 (.93)	.53 (.74)
strip cut			.66 (.84)

Diversity Statistics

The log series statistic, α, was of similar magnitude for all plots and thus showed no discriminant power (Table 10). The log normal statistic, λ, was highest for the selection-cut plot but there was no correlation between the severity of prescription and the values of λ (Table 10). Similarly, the *Q*-statistic and Margalef index were marginally highest for the selection cut but showed no discriminant ability (Table 10). McIntosh's U proved to be have excellent discriminant abilities and ranked the prescription plots according to the degree of disturbance (Table 10). The three indices regarded by Magurran (1988) as having moderate discriminant abilities (Brillouin, Shannon, reciprocal of Simpson,) ranked the uncut, selection-cut, and strip-cut plots in the order of the amount of disturbance but failed to rank the clearcut correctly (Table 10). All of the above indices, except Simpson's, are strongly influenced by species richness (Magurran 1988). The uncut and selection-cut plots were the most similar with regard to species richness and number of individuals and the eight indices biased towards proportional abundances (Shannon, reciprocal of Simpson, reciprocal of Berger-Parker, McIntosh dominance, Brillouin evenness, McIntosh evenness, Shannon evenness, Simpson evenness) ranked the uncut plot as more diverse than the selection cut (Table 10). In contrast, the measures biased towards richness, α, λ, *Q*, Margalef, ranked the selection-cut plot as more diverse.

ANNEXE

Abondance des espèces de géométridés dans les pièges

Les numéros de catalogue (n° cat.) et les noms des espèces sont conformes à Hodges (1983), mais la nomenclature a été actualisée conformément à Handfield (1999).

				Piège							
N° cat.	Genre	Espèce	Sous-espèce	CT-1	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
6270	*Protitame*	*virginalis*		1	3	3	2	1	1	0	0
6273	*Macaria*	*pustularia*		148	308	205	255	172	145	32	21
6280	*Macaria*	*andersoni*		3	2	2	5	1	3	4	4
6286	*Macaria*	*brunneata*		20	23	16	17	4	6	5	2
6287	*Macaria*	*anataria*		2	1	0	5	2	2	0	0
6292	*Macaria*	*exauspicata*		0	0	1	0	0	0	0	0
6326	*Macaria*	*aemulataria*		8	22	8	16	7	4	0	0
6330	*Macaria*	*ulsterata*		8	1	1	16	3	4	1	0
6339	*Macaria*	*transitaria*		0	1	0	1	0	0	0	0
6340	*Macaria*	*minorata*		1	2	2	2	2	2	0	1
6341.1	*Macaria*	*nsp. nr. bicolorata*		0	0	1	0	0	0	0	0
6342	*Macaria*	*bisignata*		1	0	0	0	0	1	0	1
6343	*Macaria*	*sexmaculata*		40	79	72	66	116	84	6	6
6344	*Macaria*	*signaria*	*dispuncta*	3	11	6	14	13	14	2	0
6347	*Macaria*	*pinistrobata*		1	2	0	0	4	0	0	1
6348	*Macaria*	*fiscinotata*		0	0	0	0	0	2	0	0
6349	*Macaria*	*banksianae*		0	1	0	1	0	0	0	0
6350	*Macaria*	*submarmorata*		46	118	96	108	74	70	8	15
6351	*Macaria*	*oweni*		71	90	43	77	45	23	7	6
6362	*Digrammia*	*continuata*		1	0	0	2	0	0	0	0
6396	*Digrammia*	*neptaria*	*trifasciata*	0	0	2	1	1	0	0	0
6428	*Orthofidonia*	*tinctaria*		5	4	0	9	0	3	0	0
6429	*Orthofidonia*	*exornata*		10	12	2	4	2	1	0	1
6430	*Orthofidonia*	*flaviveneta*		20	7	2	3	0	0	0	0
6436	*Ematurga*	*amitaria*		0	0	0	1	0	0	0	0
6449	*Glena*	*cribataria*		4	0	1	2	0	0	0	0
6450	*Glena*	*cognataria*		0	0	0	0	0	0	1	0
6570	*Aethalura*	*intertexta*		9	20	20	14	9	7	3	3
6582	*Iridopsis*	*vellivolata*		4	2	1	3	2	0	0	0
6583	*Iridopsis*	*ephyraria*		0	3	1	3	3	1	1	0
6588	*Iridopsis*	*larvaria*		5	8	2	3	2	1	0	0
6590	*Anavitrinella*	*pampinaria*		9	7	12	13	12	9	1	0
6595	*Cleora*	*projecta*		2	0	1	0	0	0	0	0
6597	*Ectropis*	*crepuscularia*		70	50	29	21	31	6	2	7
6598	*Protoboarmia*	*porcelaria*	*indicataria*	14	21	5	11	18	18	5	2
6620	*Melanolophia*	*canadaria*		4	8	1	5	4	1	0	1

N° cat.	Genre	Espèce	Sous-espèce	Piège							
				CT-1	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
6621	*Melanolophia*	*signataria*		33	39	19	27	23	18	2	9
6637	*Euflidonia*	*convergaria*		3	1	7	4	0	4	10	3
6638	*Euflidonia*	*notataria*		2	0	0	1	4	6	0	3
6639	*Euflidonia*	*discospilata*		1	2	2	0	0	0	0	0
6640	*Biston*	*betularia*	*cognataria*	1	2	11	8	6	13	36	29
6651	*Lycia*	*ursaria*		5	2	3	1	2	2	1	2
6654	*Hypagyrtis*	*unipunctata*		16	17	13	15	6	3	0	0
6656	*Hypagyrtis*	*pinata*		56	62	19	29	37	16	3	1
6658	*Phigalia*	*titea*		0	1	0	2	0	1	0	1
6667	*Lomographa*	*vestaliata*		11	12	8	8	7	3	4	6
6668	*Lomographa*	*glomeraria*		2	0	0	0	3	0	1	0
6677	*Cabera*	*erythemaria*		3	4	3	1	1	2	0	1
6678	*Cabera*	*variolaria*		2	0	1	1	0	0	0	0
6724	*Euchlaena*	*serrata*		0	0	0	0	1	0	2	1
6725	*Euchlaena*	*muzaria*		28	38	16	18	14	9	4	6
6728	*Euchlaena*	*effecta*		0	0	0	1	1	1	0	4
6729	*Euchlaena*	*johnsonaria*		2	2	8	10	8	5	2	0
6731	*Euchlaena*	*madusaria*		0	0	2	0	0	1	2	2
6734	*Euchlaena*	*marginaria*		16	16	18	26	17	9	9	6
6737	*Euchlaena*	*tigrinaria*		1	1	2	1	0	0	0	1
6739	*Euchlaena*	*irraria*		0	1	6	1	1	1	0	1
6740	*Xanthotype*	*urticaria*		0	2	3	4	2	3	2	0
6743	*Xanthotype*	*sospeta*		2	7	0	2	0	0	0	0
6755	*Pero*	*morrisonaria*		51	57	23	36	28	21	10	8
6763	*Phaeoura*	*quernaria*		1	4	0	2	0	3	2	0
6796	*Campaea*	*perlata*		48	47	14	24	7	2	0	1
6797	*Ennomos*	*magnaria*		1	0	2	3	4	8	0	0
6799	*Epirranthis*	*subtristataria*		0	0	1	1	1	0	2	1
6804	*Petrophora*	*subaequaria*		74	81	60	83	37	31	13	12
6806	*Tacparia*	*atropunctata*		1	0	1	0	0	0	0	0
6807	*Tacparia*	*detersata*		87	81	62	91	30	46	20	32
6812	*Homochlodes*	*fritillaria*		19	19	4	6	11	6	6	3
6815	*Guenria*	*similaria*		0	2	2	1	3	0	0	1
6817	*Selenia*	*alciphearia*		1	4	2	0	1	0	0	0
6818	*Selenia*	*kentaria*		0	1	1	0	0	1	0	0
6819	*Metanema*	*inatomaria*		0	8	3	4	1	4	0	0
6820	*Metanema*	*determinata*		2	2	1	1	0	2	1	0
6821	*Metarranthis*	*warnerae*		0	0	0	0	0	0	1	0
6822	*Metarranthis*	*duaria*		20	12	11	15	2	5	3	5
6825	*Metarranthis*	*indeclinata*		4	0	8	2	0	2	4	2

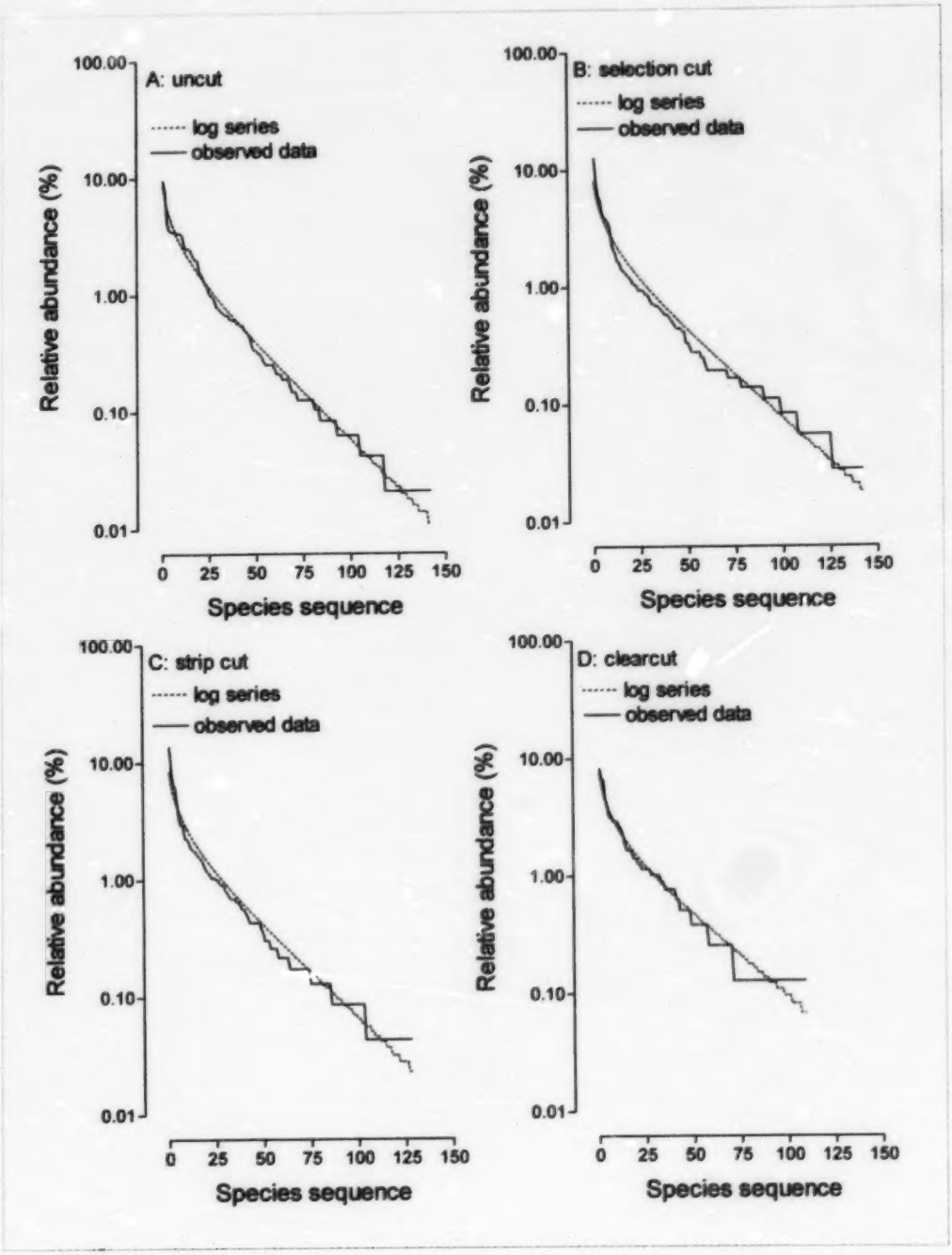


Figure 4. Rank abundance plots of geometrids in each of the four plots.

				Piège							
N° cat.	Genre	Espèce	Sous-espèce	CT-1	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
7213	*Ecliptopera*	*silaceata*	*albolineata*	2	0	0	2	1	2	0	1
7229	*Hydriomena*	*perfracta*		0	0	0	0	0	2	0	0
7235	*Hydriomena*	*divisaria*	*frigidata*	8	9	13	18	13	11	9	4
7263	*Hydriomena*	*renunciata*		24	33	11	12	16	8	3	1
7254	*Hydriomena*	*rubrata*		0	0	0	2	0	0	0	0
7285	*Triphosa*	*haesitata*	*affirmaria*	0	1	0	1	0	0	1	0
7291	*Rheumaptera*	*undulata*	*bluff*	0	0	0	0	0	2	0	0
7293	*Rheumaptera*	*hastata*	*gothicata*	1	5	1	8	0	0	1	0
7307	*Mesoleuca*	*ruficillata*		0	0	0	0	0	0	1	0
7312	*Spargania*	*magnoliata*		0	0	2	1	0	0	1	0
7313	*Spargania*	*luctuata*	*obductata*	0	0	1	0	0	0	0	0
7316	*Perizoma*	*basaliata*		12	12	8	7	12	16	1	2
7320	*Perizoma*	*alchemillata*		2	1	0	0	0	0	2	1
7329	*Anticlea*	*vasiliata*		17	17	10	6	6	4	4	5
7330	*Anticlea*	*multiferata*		3	3	3	7	2	1	1	0
7368	*Xanthorhoe*	*labradorensis*		0	1	1	1	0	1	0	0
7370	*Xanthorhoe*	*abrasaria*	*congregata*	24	35	6	15	7	5	5	3
7371	*Xanthorhoe*	*iduata*		1	2	2	2	0	2	0	0
7388	*Xanthorhoe*	*ferrugata*		0	0	0	1	2	0	1	0
7390	*Xanthorhoe*	*lacustrata*		0	2	1	0	0	0	0	0
7399	*Euphyia*	*intermediata*		0	1	0	0	0	0	0	0
7414	*Orthonama*	*obstipata*		0	0	0	0	0	0	0	1
7419	*Hydrelia*	*lucata*		0	2	0	0	0	0	0	0
7420	*Hydrelia*	*condensata*		0	1	0	0	0	1	0	0
7422	*Hydrelia*	*inornata*		1	0	0	1	0	0	0	0
7428	*Venusia*	*comptaria*		114	61	29	46	16	15	3	5
7440	*Eubaphe*	*mendica*		2	4	5	0	1	2	1	5
7449	*Eupithecia*	*palpata*		31	64	21	21	10	14	6	5
7459	*Eupithecia*	*columbiata*		10	10	1	4	2	0	0	1
7474	*Eupithecia*	*miserulata*		0	0	2	4	0	1	0	0
7476	*Eupithecia*	*misturata*		6	23	16	9	5	8	1	3
7487	*Eupithecia*	*subfuscata*		59	104	26	45	12	22	10	11
7489	*Eupithecia*	*laricista*		2	2	2	4	2	2	0	2
7491	*Eupithecia*	*fletcherata*		1	0	1	0	0	0	0	0
7492	*Eupithecia*	*casiata*		0	1	1	0	1	0	0	0
7520	*Eupithecia*	*satyrata*	*dodata*	9	3	3	3	0	5	0	0
7523	*Eupithecia*	*strattonata*		0	0	3	0	1	0	2	1
7524	*Eupithecia*	*cimicifugata*		0	0	0	0	0	1	0	0
7526	*Eupithecia*	*russellata*		97	70	30	55	19	23	8	15
7528	*Eupithecia*	*assimilata*		0	1	0	0	0	0	0	0

				Piège							
N° cat.	Genre	Espèce	Sous-espèce	CT-1	CT-2	CS-1	CS-2	BR-1	BC-1	CB-1	CB-2
7529	*Eupithecia*	*absinthiata*		2	1	4	3	0	1	0	0
7531	*Eupithecia*	*indistincta*		1	0	1	2	0	0	0	1
7538	*Eupithecia*	*gelidata*		0	0	1	0	0	1	0	0
7540	*Eupithecia*	*perfusca*		2	1	3	4	0	2	0	0
7543	*Eupithecia*	*annulata*		3	3	1	1	0	1	0	0
7574	*Eupithecia*	*albicapitata*		17	12	10	5	1	5	2	0
7575	*Eupithecia*	*mutata*		3	1	3	3	0	5	3	3
7594	*Eupithecia*	*anticaria*		5	7	4	1	1	3	0	3
7625	*Pasiphila*	*rectangulata*		2	4	2	3	2	6	1	3
7635	*Acasis*	*viridata*		4	2	0	4	0	1	0	0
7637	*Cladara*	*limitaria*		39	61	29	31	12	9	9	11
7639	*Cladara*	*atroliturata*		5	10	6	1	7	0	1	1
7640	*Lobophora*	*nivigerata*		0	10	4	3	2	2	1	0